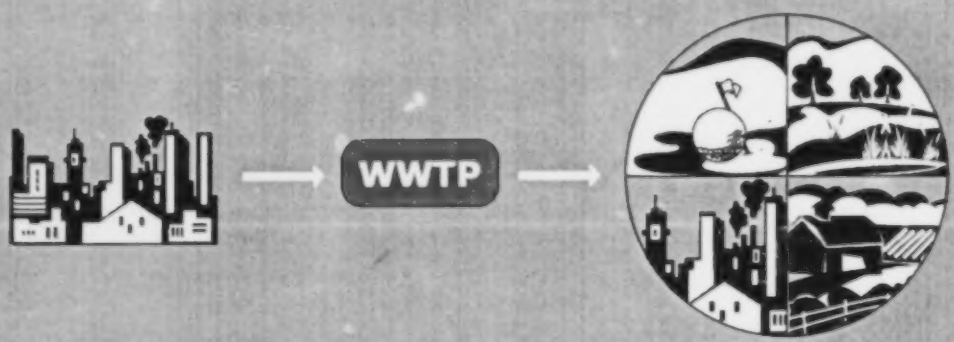
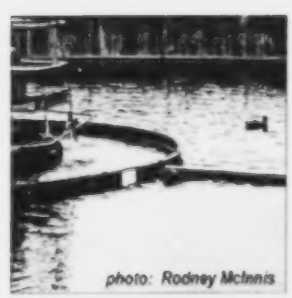
Science de l'eau et politiques: La réutilisation et le recyclage de l'eau

Un atelier parrainé par le CCME





Les 30 et 31 mai 2002 Calgary, Alberta

SÉRIE D'ATELIERS DU CCME SUR LES SCIENCES DE L'EAU ET LES POLITIQUES

RÉUTILISATION ET RECYCLAGE DE L'EAU

Atelier parrainé par le Conseil canadien des ministres de l'environnement

---

Rédacteurs du compte rendu de l'atelier :

Jiri Marsalek *(Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux)*
Karl Schaefer *(Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux)*
Kirsten Exall *(Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux)*
Leah Brannen *(Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux)*
Bijan Aidun *(ministère de l'Environnement de l'Alberta)*

Collaborateurs :

John Anderson, ministère et services des travaux publics de l'Australie
Robert Bastian, agence américaine de protection de l'environnement
Sandra Baynes, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Pierre Bérubé, université de la Colombie-Britannique
Linda Blankenship, Water Environment Research Foundation
Bill Cairns, Trojan Technologies
Pierre Côté, ZENON Environmental Inc.
Robert Dunn, Dunn Environmental Services Inc.
Duncan Ellison, Association canadienne des eaux potables et usées
Jock Forster, ministère le l'Environnement de l'Alberta
Chris Jenkins, ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air de la Colombie-Britannique
Craig Jowett, Waterloo Biofilter Systems Inc.
Wolf Keller, Ville de Calgary
John Stidwill, Totten Sims Hubicki
Derek Vachon, Canadian Finishing Systems Ltd.
Lauren Walker-Coleman, ministère de la Protection de l'environnement de la Floride
Don Waller, université Dalhousie
Abbas Zaidi, Centre canadien des technologies non polluantes

Les 30 et 31 mai 2002 **Calgary (Alberta)**

Le présent compte rendu n'est accessible que par voie électronique. On peut le télécharger à partir du site du Conseil canadien des ministres de l'environnement à l'adresse suivante : http://www.ccme.ca

Également publié en anglais sous le titre *Water Reuse and Recycling*.

Les idées et opinions exprimées par les présentateurs et les participants à l'atelier et rapportées dans le présent compte rendu ne sont pas nécessairement celles du Conseil canadien des ministres de l'environnement et ne peuvent conséquemment pas servir à des fins de promotion ou d'approbation. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement n'appuie ou ne recommande aucun produit, méthode ou service commercial.

Le présent compte rendu peut être cité comme suit :

Marsalek, J., K. Schaefer, K. Exall, L. Brannen et B. Aidun, 2002. Réutilisation et recyclage de l'eau. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg (Manitoba). Série d'ateliers du CCME sur les sciences de l'eau et les politiques. Compte rendu No. 3, 46 p.

105-03767/

CONTEXTE ET APERÇU DE L'ATELIER

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) offre un lieu de rencontre aux gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, qui leur permet de collaborer relativement à des questions environnementales prioritaires. Étant donné les inquiétudes que soulève la qualité de l'eau et l'importance que les Canadiens accordent à cette question, le CCME a fait de la qualité de l'eau l'une de ses grandes priorités.

Le CCME a notamment pour mandat de veiller à ce que les membres du Conseil, et plus particulièrement les responsables des orientations politiques et les décideurs, disposent des renseignements scientifiques les plus à jour sur les divers enjeux liés à la qualité de l'eau. Le Conseil souhaitait aussi permettre à ses membres de faire connaître leurs vues sur les priorités de recherche dans ce domaine à la collectivité scientifique.

Le CCME a préparé une première liste de trois domaines prioritaires pour l'échange d'informations :

1) les incidences des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau;
2) la qualité de l'eau souterraine;
3) la qualité de l'eau dans le contexte de sa réutilisation et de son recyclage.

Il a été convenu que l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada organiserait, au nom du CCME, une série d'ateliers auxquels des scientifiques reconnus seraient invités à présenter les connaissances les plus à jour sur ces questions. L'auditoire visé était constitué de représentants des membres du Conseil, d'autres ministères fédéraux, provinciaux et territoriaux et de groupes intéressés. Les réunions devaient être conçues de façon à favoriser le plus possible l'échange de l'information et à donner l'occasion aux membres du CCME et aux groupes intéressés de faire connaître leur avis sur les nouvelles orientations et priorités de la recherche.

Le présent compte rendu couvre le troisième atelier, qui s'est tenu les 30 et 31 mai 2002 à Calgary et que coprésidaient l'INRE et le gouvernement de l'Alberta. L'atelier a rassemblé 50 participants dont des représentants de divers ministères fédéraux et provinciaux, d'instances municipales et d'universités canadiennes, des intervenants de l'industrie et des représentants de l'agence américaine de protection de l'environnement, de la Water Environment Research Foundation et de l'International Water Association. Le compte rendu réunit les présentations faites en atelier et les discussions tenues relativement à la récupération et à la réutilisation des eaux usées dans les municipalités, au recyclage des eaux industrielles, aux technologies de réutilisation, aux politiques et aux perspectives internationales.

Jennifer Moore
Coprésidente
Comité de coordination sur l'eau
CCME
Directrice générale
Écosystèmes et ressources environnementales
Environnement Canada
351, boulevard St-Joseph
Hull (Québec)
K1A 0H3

Ken Dominie
Coprésident
Comité de coordination sur l'eau
CCME
Sous-ministre adjoint
Ministère de l'Environnement
Édifice de la Confédération
Aile ouest, 4e étage
Prince Phillip Parkway
C.P. 8700
St. John's (Terre-Neuve)
A1B 4J6

REMERCIEMENTS

Les ateliers nécessitent un travail de planification et d'organisation et l'engagement d'un grand nombre de personnes. Merci beaucoup au Dr Alex Bielak, à Mme Pascale Groulx et à M. John Cooper d'Environnement Canada pour leur contribution soutenue à la tenue de cet atelier, notamment pour leur travail de coordination auprès de divers ministères fédéraux et provinciaux. Nous remercions aussi les coprésidents du Comité de coordination sur l'eau du CCME, Mme Jennifer Moore et M. Ken Dominie, pour leur appui et leur encouragement ainsi que Mmes Nancy Gehlen et Anjanette Tomac, du bureau du Conseil canadien des ministres de l'environnement, pour leur soutien administratif. Nous exprimons également notre reconnaissance au Dr Leah Brannen pour son apport à la rédaction, à M. Quintin Rochfort pour l'enregistrement des minutes et l'équipement audiovisuel, à Mme Grazyna Modzynski pour la préparation des graphiques de l'atelier et à Mme Freda Crisp pour ses responsabilités de secrétaire. Le Dr John Carey, directeur-général de l'Institut national de recherche sur les eaux, M. Bill Calder du ministère de l'Environnement de l'Alberta et M. John Shaw du Fonds de durabilité des Grands Lacs ont joué un rôle important pour l'octroi de fonds supplémentaires ayant permis le bon déroulement de l'atelier. Enfin, aucun atelier ne pourrait connaître de succès sans la collaboration d'une équipe bien préparée de conférenciers et d'experts compétents et enthousiastes; c'est pourquoi nous leur sommes très reconnaissants pour la clarté, la concision et le sérieux de leurs présentations. Nous avons tenté de reprendre les points saillants de ces présentations et des discussions fructueuses qui ont suivi. Toute erreur ou omission serait imputable à un oubli de notre part et non des présentateurs ou des participants à l'atelier.

Nos respectueux hommages,

Jiri Marsalek
Membre du comité organisateur de l'atelier
Environnement Canada
Institut national de recherche sur les eaux
867, chemin Lakeshore, C.P. 5050
Burlington (Ontario)
L7R 4A6
jiri.marsalek@ec.gc.ca

Bijan Aidun
Membre du comité organisateur de l'atelier
Ministère de l'Environnement de l'Alberta
9820, 106e rue
Place Oxbridge, 4e étage
Edmonton (Alberta)
T5K 2J6
bijan.aidun@gov.ab.ca

Karl Schaefer
Membre du comité organisateur de l'atelier
Environnement Canada
Institut national de recherche sur les eaux
867, chemin Lakeshore, C.P. 5050
Burlington (Ontario)
karl.schaefer@ec.gc.ca

RÉSUMÉ

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) est la principale tribune gouvernementale au Canada pour la discussion et la concertation sur des questions environnementales d'intérêt national et international. En réponse aux préoccupations concernant la qualité de l'eau au Canada, le CCME a inauguré, à l'automne 2001, une série d'ateliers, *Sciences de l'eau et politiques*, sur les questions prioritaires en matière de qualité de l'eau. Organisés par l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada et coprésidés par les gouvernements provinciaux, ces ateliers font le point sur les résultats des nouvelles recherches et sur les pratiques de gestion des principaux décideurs et responsables des politiques. De plus, ils permettent aux scientifiques et aux gestionnaires des ressources en eau de mettre leur expertise au service des programmes canadiens en la matière.

Le troisième atelier de cette série, *Réutilisation et recyclage de l'eau*, s'est tenu à Calgary, les 30 et 31 mai 2002, et a rassemblé 50 participants dont des représentants de divers ministères fédéraux et provinciaux, d'instances municipales et d'universités canadiennes, des intervenants de l'industrie et des représentants de l'agence américaine de protection de l'environnement, de la Water Environment Research Foundation et de l'International Water Association. Le présent compte rendu réunit les présentations faites en atelier et les discussions tenues relativement à la récupération et à la réutilisation des eaux usées dans les municipalités, au recyclage des eaux industrielles, aux technologies de réutilisation, aux politiques et aux perspectives internationales.

À l'heure actuelle, la réutilisation de l'eau est pratiquée à une échelle relativement petite au Canada et il s'agit habituellement de cas isolés; cependant, l'intérêt pour la récupération et la réutilisation des eaux usées va croissant au Canada pour les raisons suivantes :

- La demande croît régulièrement, alors que les ressources en eau sont limitées et mises en péril par les changements climatiques;
- La possibilité de réaliser des économies pour l'expansion à venir de l'infrastructure d'approvisionnement en eau;
- La nécessité de réduire ou d'éliminer le rejet d'effluents dans des eaux réceptrices sensibles;
- La possibilité d'offrir à bon marché des services d'eau dans les endroits isolés ou dans des habitations seules.

Il importe ainsi de recourir aux sciences et aux politiques de réutilisation de l'eau pour orienter le développement des nouveaux champs d'application.

Règlements sur la réutilisation de l'eau, critères de qualité et directives

De façon générale, les provinces de la Colombie-Britannique et de l'Alberta sont les plus expérimentées, puisqu'elles ont toutes deux élaboré des documents réglementaires. Les autres provinces peuvent autoriser à titre expérimental la réalisation de certains projets de réutilisation des eaux usées, mais aucune d'elles ne dispose à ce jour de documents réglementaires régissant les applications de routine en la matière. Les municipalités de ces provinces réutilisent de façon traditionnelle les eaux usées, lesquelles sont traitées et servent à l'irrigation des parcs et des aménagements paysagers en milieu urbain, des terrains de golf et des cultures non vivrières. On expérimente un peu l'utilisation de l'eau de ruissellement pour l'irrigation des terrains de golf et des parcs et la préservation des terres humides. Dans plusieurs provinces, on

commence également à réutiliser les eaux usées, à l'échelle du bâtiment, aux fins du logement expérimental et dans des installations isolées (dans les lieux de villégiature isolés ou dans les relais routiers, par exemple).

Les régions où la réutilisation des eaux usées est une pratique courante, en Australie et dans certaines parties des États-Unis, par exemple, disposent de normes et de critères bien définis régissant de telles applications; il y a beaucoup à apprendre de leur expérience. L'atelier a permis d'identifier les besoins suivants en ce qui concerne les règlements, les critères de qualité et les directives sur la réutilisation de l'eau :

- *Directives nationales sur la réutilisation de l'eau* – le leadership du gouvernement fédéral est nécessaire à l'élaboration de directives nationales qui lieraient les usages proposés aux exigences relatives à la qualité de l'eau; les directives nationales en vigueur dans d'autres pays devraient servir de point de départ.
- *Normes provinciales* – il faudrait établir des critères régissant la qualité de la réutilisation des eaux usées dans toutes les provinces où l'on envisage la réalisation de projets en la matière. La Colombie-Britannique et l'Alberta ont déjà élaboré des documents réglementaires sur la réutilisation de l'eau.
- *Nouveaux contaminants préoccupants* – les questions de santé humaine liées à la salubrité des eaux récupérées contenant des perturbateurs endocriniens, des produits chimiques pharmaceutiques ou thérapeutiques et des produits chimiques organiques d'usage industriel commencent à se poser. Les répercussions que peuvent avoir ces produits chimiques, présents en très faibles quantités, ne sont pas bien comprises quant aux effets à long terme sur la santé, la recherche sur ces questions en étant à ses balbutiements.
- *Contrôle environnemental et conséquences de la récupération de l'eau* – l'utilisation de l'eau récupérée pour la préservation des terres humides, dont on prévoit qu'elle s'accroîtra, l'augmentation des écoulements fluviaux et l'alimentation des nappes souterraines démontre la nécessité de faire davantage de recherche dans ce domaine.

Technologies de traitement des eaux usées pour la récupération et la réutilisation

Il existe déjà à l'heure actuelle une vaste gamme de technologies de traitement pouvant servir à la récupération et à la réutilisation des eaux usées. Un grand nombre de ces technologies, par exemple les biofiltres, les technologies membranaires et la désinfection aux ultraviolets, ont été mises au point et appliquées au Canada. Ces technologies tendent de plus en plus vers des installations décentralisées (satellites) de traitement à petite échelle appliqué directement aux secteurs municipal, industriel et agricole. L'atelier a permis d'identifier les besoins suivants en fait d'information :

- *Critères de rendement et protocoles de validation* – critères de rendement de la technologie pour obtenir les propriétés intrinsèques de l'eau (physiques, chimiques et biologiques [contenu et effets]) et protocoles, valables pour diverses applications, permettant de valider des techniques et procédés novateurs en regard de ces critères;
- *Démonstration de la technologie* – réalisation d'essais pilotes, démonstration de la technologie et illustration, au moyen d'exemples pertinents sur le plan économique et environnemental, de la réutilisation et du recyclage de l'eau pour susciter l'intérêt du public et de la classe politique;

- *Applications technologiques à petite échelle* – efforts continus pour la mise au point de technologies simples, abordables et universelles nécessitant peu d'entretien et permettant des applications à petite échelle (locales);
- *Partage de connaissances* – échange accru d'information sur les meilleures technologies disponibles.

Recyclage des eaux usées industrielles

L'industrie pratique vraisemblablement plus le recyclage et la réutilisation de l'eau que les autres usagers majeurs au Canada; toutefois, l'usage qu'on en fait varie beaucoup au sein de ce secteur. Étant donné l'énorme quantité d'eau utilisée par l'industrie au Canada, les meilleurs avantages, avec le moins de conséquences possibles pour la santé humaine et pour la préservation des écosystèmes, pourraient être obtenus en encourageant le recyclage de l'eau dans l'industrie ainsi que la récupération et la réutilisation des eaux usées à des fins industrielles. Les participants à l'atelier ont souligné qu'il y avait encore énormément de possibilités pour la réutilisation de l'eau récupérée dans le secteur industriel. Les questions que soulève le recyclage des eaux usées industrielles comprennent notamment :

- *Nécessité d'adopter des politiques concernant le recyclage de l'eau dans l'industrie* – l'adoption de politiques d'appui (portant sur l'élimination des effluents industriels) et de mesures incitatives sur le plan économique contribueraient à la réutilisation et au recyclage accrus de l'eau dans le secteur industriel.
- *Accumulation d'éléments autres que ceux traités* – le recyclage de l'eau industrielle (dans une usine de pâte à papier, par exemple) peut entraîner l'accumulation de matières susceptibles de perturber le fonctionnement de l'usine ou de produire une qualité d'air nuisible aux employés. Il faut donc disposer de méthodes permettant d'identifier et d'éliminer ces matières avant la recirculation de l'eau.
- *Manque de technologies éprouvées* – les usines sont peu disposées à mettre en œuvre des technologies onéreuses que l'on perçoit comme n'ayant pas été adéquatement éprouvées ou soumises à des essais sur le terrain.

Planification et mise en œuvre des programmes de récupération et de réutilisation des eaux usées

Les projets de récupération et de réutilisation des eaux usées sont généralement complexes et nécessitent des méthodes de planification à objectifs multiples et la participation de tous les intervenants. Les participants à l'atelier ont identifié plusieurs conditions favorisant la planification et la mise en œuvre de projets de réutilisation des eaux usées au Canada.

- *Politiques favorisant le plein coût des ressources en eau* – le coût peu élevé de l'eau au Canada est un facteur dissuasif pour l'instauration de programmes de réutilisation et de recyclage de l'eau; cela constitue également un obstacle au progrès et à l'innovation technologique.
- *Programmes provinciaux et nationaux de réutilisation de l'eau* – de tels programmes sont nécessaires pour déterminer les normes de conception, promouvoir la recherche sur l'information technologique et sensibiliser le public aux risques pour la santé et aux avantages de la réutilisation.

- *Systèmes de gestion et d'analyse économique appliquée* – pour mieux mesurer la faisabilité financière, institutionnelle et technique des projets et évaluer les répercussions sur l'environnement et la perception du public.
- *Consultation publique* – favoriser la consultation publique par la mise en œuvre de programmes de réutilisation, notamment à la lumière des nouvelles questions liées à la santé que soulèvent les produits pharmaceutiques et les perturbateurs endocriniens.
- *Programme de sensibilisation* – mettre en valeur les réalisations, informer et sensibiliser le public de façon continue.

Besoins en matière de recherche

Bien que la réutilisation de l'eau gagne en popularité, ce sont les risques pour la santé qui causent le plus de préoccupations. Jusqu'à tout récemment, ces considérations se fondaient sur l'exposition aux entérovirus contenus dans les eaux récupérées. Les participants à l'atelier ont identifié les besoins suivants en matière de recherche :

- *Nouvelles questions liées à la santé* – identification des nouvelles questions liées à la santé humaine que soulève la sûreté des eaux récupérées contenant des perturbateurs endocriniens, des produits chimiques pharmaceutiques, des produits chimiques organiques d'usage industriel, des sels et des métaux lourds.
- *Répercussions à long terme* – modélisation environnementale améliorée et meilleurs contrôle et évaluation des répercussions à long terme découlant de l'utilisation d'eaux récupérées.
- *Contaminants et paramètres de substitution* – évaluation de la destinée des contaminants microbiologiques et chimiques contenus dans les eaux récupérées et établissement de paramètres de substitution précis et rentables pour contrôler la qualité de l'eau.
- *Entreposage* – évaluation des effets du stockage sur la qualité des eaux récupérées.
- *Effets sur les cultures et les sols* – évaluation des effets de l'irrigation au moyen d'eau récupérée sur les cultures, les gazons et les sols.
- *Appréciation des risques* – mise au point de méthodes de gestion et d'appréciation des risques pour la conception d'applications de réutilisation.
- *Barrières multiples* – élaboration de stratégies bien définies pour l'utilisation de barrières multiples en vue d'augmenter le spectre des agents pathogènes et des contaminants contrôlés et de réduire la formation de sous-produits.
- *Analyse économique* – analyse économique appliquée pour mesurer les avantages économiques et évaluer plus efficacement les solutions de rechange.
- *Collaboration* – collaboration accrue et communication améliorée entre les chercheurs dans le domaine du recyclage et de la réutilisation de l'eau.

Entretenir le dialogue

Les participants ont beaucoup insisté sur la nécessité d'entretenir et d'améliorer la communication entre les chercheurs et les gestionnaires des programmes et des politiques de l'eau. Ils ont notamment fait état de diverses possibilités d'échange d'information et de dialogue

entre les scientifiques et les gestionnaires dans le nouveau domaine du recyclage et de la réutilisation de l'eau, à savoir :

- *Comité permanent ou groupe de travail national sur la réutilisation de l'eau* – créer un comité ou un groupe de travail composé d'experts issus des universités, de l'industrie et du gouvernement pour mettre sur pied une infrastructure canadienne de réutilisation et de recyclage, identifier les possibilités d'application à court terme et à long terme, préciser les besoins en matière de recherche, faciliter le dialogue continu, contribuer à l'élaboration d'un guide national et favoriser l'innovation technologique.
- *Ateliers de suivi* – Organiser périodiquement des ateliers de suivi ou encore tenir, dans le cadre de conférences déterminées, des séances spécialisées à l'intention des scientifiques et des responsables des politiques.
- Réseautage électronique – divers médias électroniques, par exemple des sites Web spécialisés, des babillards électroniques, des groupes de discussion dirigés et des listes d'envoi électronique sur abonnement pour des sujets particuliers pourraient permettre d'assurer une circulation continue de l'information.

Table des matières

CONTEXTE ET APERÇU DE L'ATELIER III
REMERCIEMENTS IV
RÉSUMÉ V
INTRODUCTION 1
CATÉGORIES DE RÉUTILISATION DE L'EAU 5
Réutilisation à titre d'eau potable 5
Utilisations urbaines et récréatives non restreintes et irrigation des cultures vivrières 6
Utilisations urbaines et récréatives restreintes, irrigation de cultures non vivrières ou de cultures transformées avant consommation 6
Réutilisation et recyclage industriels 7
RÈGLEMENTS, CRITÈRES DE QUALITÉ ET DIRECTIVES CONCERNANT LA RÉUTILISATION DE L'EAU 8
Aperçu du cadre réglementaire 8
Critères de qualité 12
Recommandations en matière de qualité 14
TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES POUR LA RÉCUPÉRATION ET LA RÉUTILISATION 22
La récupération et la réutilisation des eaux usées sur place 22
Usines de récupération des eaux usées 24
RECYCLAGE DES EAUX USÉES INDUSTRIELLES 27
Récupération des hydrocarbures 27
Industrie des pâtes et papiers 28
L'industrie de finissage des métaux 28
DISTRIBUTION ET STOCKAGE DES EAUX RÉCUPÉRÉES 29
PLANIFICATION ET RÉALISATION DE LA RÉCUPÉRATION ET DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES 30
Faisabilité technique 31
Faisabilité économique 31
Analyse financière 31
Faisabilité institutionnelle 32
Répercussions sur l'environnement 32
Répercussions sociales et acceptation du public 33
Faisabilité de la mise en marché 33
PRINCIPALES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS RETENUES AU COURS DE L'ATELIER 33
Technologies 34
Politique et règlements 35
Recherche 35
Acceptation du public et du milieu politique 37
Entretenir le dialogue 37
BIBLIOGRAPHIE 39
ANNEXE 1 – PROGRAMME DE L'ATELIER 42
ANNEXE 2 – LISTE DES PARTICIPANTS 45

INTRODUCTION

Un approvisionnement adéquat en eau de bonne qualité est essentiel au développement continu de la société canadienne et de son économie. Les données les plus récentes sur l'utilisation brute de l'eau indiquent que le prélèvement total d'eau croît de façon régulière; en effet, il est passé de 36,7 x 10^9 m^3/an, en 1981, à 45,0 x 10^9 m^3/an, en 1991 (Statistique Canada, 2000). Au cours de la même période, le prélèvement brut dans les secteurs des particuliers et de l'administration publique est demeuré à peu près stable, le prélèvement total passant de 3,76 x 10^9 m^3/an en 1981 à 3,80 x 10^9 m^3/an en 1991. Compte tenu que la population totale est passée de 24,8 millions à 28,0 millions d'habitants pendant cette période, l'utilisation nominale par personne a quelque peu diminué, et bien qu'on ait récemment rapporté un taux de 343 litres/personne/jour (Environnement Canada, 2001), il demeure largement au-dessus du taux observé dans les pays les plus développés de l'Europe occidentale. Dans les secteurs des particuliers et de l'administration publique, seulement 11 % du prélèvement brut est consommé, alors que le reste (89 %) est retourné principalement dans l'évacuation des eaux usées. Ainsi, un grand nombre de municipalités se retrouvent en compétition avec d'autres secteurs de l'économie, qui dépendent aussi de ressources limitées, et doivent relever le défi d'approvisionner en eau une population croissante tout en contrôlant l'évacuation des eaux usées dans les eaux réceptrices. Les incertitudes que soulève l'avenir des ressources en eau accentuent ce défi en raison d'épisodes climatiques extrêmes et des changements du climat, d'une concurrence accrue pour l'accès à des ressources limitées en eau à l'échelle provinciale et nationale et d'une demande croissante pour ce qui est d'un meilleur contrôle de la pollution des eaux usées à l'appui d'une meilleure utilisation des eaux réceptrices. L'une des solutions réside dans la réutilisation de l'eau, ce qui facilite l'utilisation des effluents municipaux traités comme nouvelle source d'approvisionnement tout en réduisant l'évacuation d'effluents pollués dans les eaux réceptrices. Dans certains cas, la réutilisation de l'eau peut présenter des avantages économiques découlant en partie des économies réalisables sur l'expansion des infrastructures d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées.

Ces dernières années, la terminologie employée dans le domaine de la réutilisation de l'eau s'est quelque peu normalisée et les termes courants qui suivent ont été extrapolés d'après Asano (1998) :

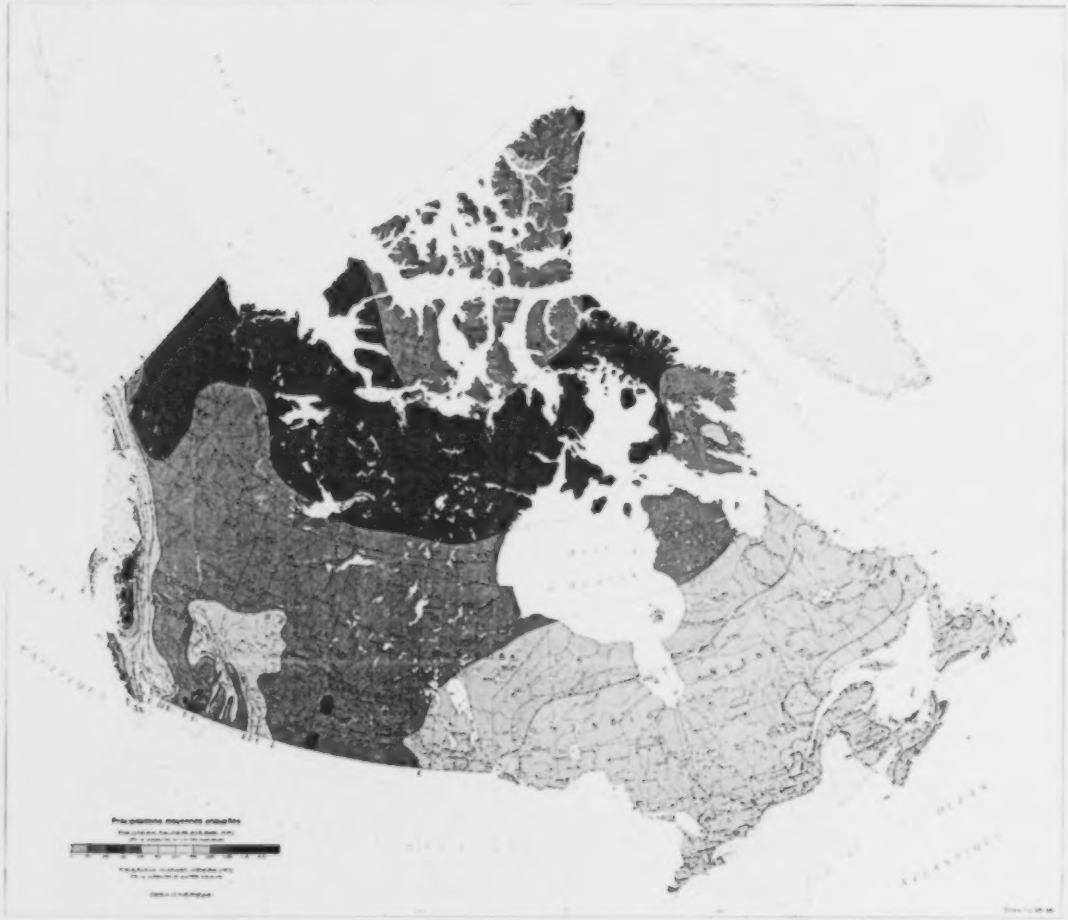
- La **récupération des eaux usées** concerne le traitement de l'eau pour obtenir une qualité prédéterminée qui facilite sa réutilisation. Dans ce contexte, l'expression eaux usées est employée au sens large et englobe les eaux usées municipales (soit l'ensemble des eaux usées provenant des résidences, des commerces, des établissements et des usines) et les apports permis d'eau pluviale ou d'eau de ruissellement.
- La **réutilisation de l'eau** consiste en l'utilisation d'eau traitée à des fins utiles, notamment l'irrigation agricole et le refroidissement dans le secteur industriel. L'eau récupérée est un effluent traité pour obtenir une qualité conforme à un usage précis. La réutilisation directe fait référence à un système de réutilisation dans lequel l'eau récupérée est transportée jusqu'aux points où elle est réutilisée. La réutilisation indirecte concerne l'évacuation dans des eaux réceptrices (eaux de surface ou nappe souterraine) d'un effluent qui est ensuite assimilé puis prélevé en aval, ce qui ne correspond pas à une réutilisation directe planifiée de l'eau.
- Le **recyclage de l'eau** fait référence à des systèmes industriels dans lesquels l'effluent récupéré est habituellement traité puis réacheminé dans le processus industriel.

Voici quelques exemples typiques de réutilisation de l'eau :

- Chasse d'eau de toilette;
- Irrigation des pelouses, parcs, aménagements paysagers, jardins, terrains de golf, terrains de sport, cours de récréation, gazons résidentiels, cimetières, irrigation le long des autoroutes, etc.
- Irrigation agricole des cultures vivrières et non vivrières;
- Réutilisation industrielle (eaux de refroidissement, de chaudières, de traitement de l'acier et de traitement de la pâte à papier);
- Récupération directe des eaux usées pour augmenter la quantité d'eau potable;
- Alimentation des nappes souterraines, freinage des intrusions salines;
- Eaux utilisées à des fins récréatives, paysages aquatiques (bassins ornementaux).

Le défi croissant que pose la gestion de l'eau est d'arriver à établir un équilibre entre la demande, l'utilisation de l'eau et le maintien de la qualité, que ce soit à l'échelle locale, régionale ou nationale. Cela est particulièrement difficile dans les régions arides et semi-arides des pays en voie de développement où l'eau est rare et où la population croît rapidement. Au Canada, dans l'ensemble, la situation est tout à fait différente, les ressources en eau étant relativement abondantes dans la plupart des régions. Les précipitations annuelles au Canada atteignent en moyenne 600 millimètres, quoiqu'elles varient de 100 millimètres, dans le Grand Nord, à plus de 3 500 millimètres, sur le littoral du Pacifique, comme le montre la figure 1 (Statistique Canada, 2000). Par conséquent, il y a des régions où les ressources en eau sont limitées, en particulier pendant les périodes de sécheresse et de demande élevée, et des régions où la consommation d'eau à des fins agricoles est très élevée (dans certaines régions, il s'agit de 70 % de la consommation totale). D'où l'intérêt que peut présenter la réutilisation de l'eau à l'échelle locale ou régionale.

Figure 1 : *carte des précipitations annuelles au Canada, par région (voir le rapport annuel 2000 de Statistique Canada, chapitre 3)*



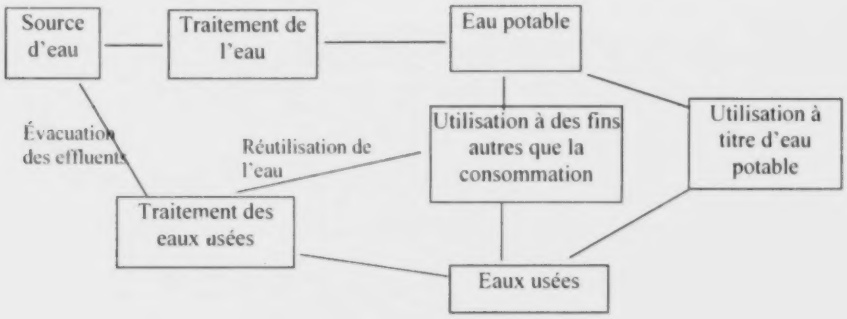
Au Canada, la réutilisation de l'eau a commencé à susciter de l'intérêt il y a au moins 30 ans, alors que la SCHL commanditait l'une des premières études canadiennes sur le sujet et concluait que la réutilisation des eaux usées à presque n'importe quelle fin (l'approvisionnement en eau potable y compris) était possible sur le plan technologique. Depuis ce temps, de nouvelles substances chimiques préoccupantes ont été identifiées (perturbateurs endocriniens, produits pharmaceutiques) et il est nécessaire de reconsidérer les questions relatives à la réutilisation de l'eau. Alors que cette dernière pratique est de plus en plus répandue à l'échelle mondiale et que certains experts prévoient qu'elle constituera le plus grand défi du 21e siècle (Asano, 2002), son expansion au Canada est beaucoup plus limitée. La réutilisation de l'eau est plus pratiquée dans les régions du monde où cette ressource est limitée, au Moyen-Orient par exemple, en Australie et dans le sud-ouest des États-Unis, ou dans les régions où s'appliquent des restrictions sévères concernant l'évacuation des eaux usées traitées, notamment en Floride (Walker-Coleman, 2002), dans les régions côtières et insulaires de la France et de l'Italie et dans les pays très densément

peuplés de l'Europe comme l'Angleterre et l'Allemagne (Lazarova et coll., 2001). Dans les pays où il existe des disparités dans la répartition régionale des ressources en eau, le recyclage et la réutilisation de l'eau sont également très répandus. Bien que les précipitations annuelles atteignent en moyenne 1 714 mm et que les barrages et réservoirs soient nombreux au Japon, des régions de ce pays connaissent des sécheresses fréquentes; c'est pourquoi la réutilisation des eaux usées urbaines est devenue une pratique courante dans de nombreuses régions du Japon (Ogoshi et coll., 2001).

À l'heure actuelle, la réutilisation de l'eau est relativement peu pratiquée au Canada et il s'agit généralement de cas isolés. Entre autres exemples typiques de réutilisation de l'eau, mentionnons l'irrigation des cultures agricoles en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba, l'irrigation des terrains de golf et des aménagements paysagers (en Colombie-Britannique et en Alberta; une étude de faisabilité a été réalisée à l'Île-du-Prince-Édouard), le logement expérimental (en Ontario, en Nouvelle-Écosse et en Colombie-Britannique) et les installations isolées comme les lieux de villégiature éloignés ou les relais routiers (Colombie-Britannique et Ontario). Au fur et à mesure que la demande augmentera mais que les ressources en eau facilement accessibles diminueront, l'intérêt pour la réutilisation de l'eau croîtra. C'est pourquoi il importe de se pencher sur les sciences de l'eau et les politiques de réutilisation pour en orienter le développement. De plus, il faudrait en même temps reconnaître que la réutilisation de l'eau doit être envisagée, dans un contexte général, comme un facteur de développement durable. Un concept nouveau, celui de la gestion globale du cycle de l'eau en milieu urbain, va dans ce sens.

La population croissante en milieu urbain continue à avoir des répercussions majeures sur les ressources en eau des régions concernées. Le développement des milieux urbains amène une demande d'approvisionnement en eau, entraîne une modification des eaux de ruissellement et du débit des cours d'eau étant donné les changements apportés au captage des eaux, contribue à la pollution des eaux réceptrices en raison de l'évacuation des effluents urbains et perturbe les écosystèmes aquatiques. Dans le cadre d'une démarche moderne et intégrée pour résoudre ce problème, on a préconisé le concept de gestion globale du cycle de l'eau comme étant « l'utilisation intégrée et la gestion des eaux de surface (notamment le traitement des eaux usées et l'évacuation des eaux pluviales) et des eaux souterraines en milieu urbain pour en tirer divers avantages sur les plans social, économique et environnemental » (Lawrence et coll., 1999). Sur la base de ce concept global, on peut identifier plusieurs catégories spécifiques de gestion des eaux urbaines, dont les suivantes : la réutilisation des effluents traités pour éliminer les polluants potentiels ou pour remplacer une source d'approvisionnement en eau non potable; la gestion intégrée des eaux pluviales et souterraines, de l'approvisionnement en eau et des eaux usées pour un service fiable et économique, pour une meilleure gestion du flux environnemental (ajournement d'une nouvelle construction ou de l'expansion d'une infrastructure, la gestion du rejet dans les cours d'eau), pour l'approvisionnement des aménagements paysagers et aquatiques en milieu urbain, pour le remplacement des sources d'approvisionnement en eau non potable (réutilisation des eaux usées et des eaux de ruissellement) et pour la protection des eaux en aval contre la pollution; les méthodes de conservation de l'eau (gestion de la demande), dont l'utilisation plus efficace de l'eau (dispositifs d'économie d'eau, pratiques d'irrigation); les procédés de remplacement aux fins des aménagements paysagers (demande réduite) et des applications industrielles (demande réduite, recyclage).

Figure 2 : *Schéma décrivant le processus de réutilisation de l'eau dans le cadre du cycle (simplifié) de l'eau en milieu urbain.*



Le concept de gestion globale du cycle de l'eau pose ainsi un contexte bien précis de réutilisation de l'eau. Le degré auquel la réutilisation de l'eau est pratiquée dépend de la disponibilité de l'eau, des facteurs incitatifs sur le plan économique, de la faisabilité sur le plan de la réglementation et de l'acceptation du public. Parmi ces facteurs, la disponibilité de l'eau est probablement le plus important; là où cette ressource est rare, la réutilisation de l'eau est une pratique généralement acceptée du public, réalisable sur le plan économique et appuyée par un cadre réglementaire.

CATÉGORIES DE RÉUTILISATION DE L'EAU

La qualité des eaux usées récupérées doit répondre aux besoins d'applications particulières; il faut donc commencer par examiner les catégories de réutilisation de l'eau et les objectifs à atteindre en matière de qualité pour chaque utilisation. L'information qui suit est principalement fondée sur le rapport de l'agence américaine de protection de l'environnement, publié en 1992, dont on a étendu les observations, là où cela s'appliquait, aux données et à l'expérience canadiennes. Les pratiques de réutilisation peuvent être classées en quatre catégories dans un ordre décroissant, en commençant par celles qui nécessitent le plus haut degré de traitement.

Réutilisation à titre d'eau potable

La réutilisation directe à titre d'eau potable, soit l'acheminement direct d'une eau récupérée à un système d'approvisionnement en eau potable, est plutôt rare et elle n'est pratiquée ni au Canada ni aux États-Unis, bien qu'elle ait fait l'objet d'études de faisabilité et qu'elle soit pratiquée dans au moins un endroit (à Windhoek, en Namibie). Ce type de réutilisation soulève de sérieuses préoccupations quant à la santé et à la perception du public et quant aux connaissances nouvelles concernant des substances chimiques préoccupantes que les traitements usuels ne peuvent éliminer complètement (perturbateurs endocriniens, produits pharmaceutiques, etc.). Les exigences relatives à la qualité de l'eau et les objectifs de traitement visent l'eau potable. Les installations de traitement doivent être conçues à cette fin précise.

La réutilisation indirecte à titre d'eau potable fait référence à l'augmentation des sources d'approvisionnement en eau potable à partir d'eaux récupérées hautement traitées. Dans un rapport publié en 1998, le conseil national de recherches des États-Unis concluait que la réutilisation indirecte d'eaux récupérées à titre d'eau potable est viable mais que la réutilisation directe, elle, ne l'est pas, en raison principalement de l'incertitude qu'il y a

concernant les effets sur la santé. Le risque potentiel pour la santé humaine que pose la réutilisation indirecte à titre d'eau potable requiert une évaluation détaillée de chaque projet (contrôle des contaminants, santé et sécurité, fiabilité du système). De plus, cela ne devrait être envisagé qu'en dernier recours dans une collectivité, après examen de toutes les autres possibilités de conservation de l'eau et de réutilisation d'eaux non potables. Même si les recherches n'ont pas permis jusqu'à maintenant de découvrir d'effets néfastes pour la santé, il existe peu de données en la matière et les méthodes de recherche sont limitées. La réutilisation indirecte à titre d'eau potable a été l'objet de projets témoins et de projets pilotes dans un grand nombre de localités des États-Unis (Crook et coll., 1999). En outre, de nombreuses collectivités utilisent des sources d'eau qui incorporent une quantité importante d'eaux usées en amont, pratiquant essentiellement de ce fait même une réutilisation indirecte non planifiée.

Utilisations urbaines et récréatives non restreintes et irrigation des cultures vivrières

Cette catégorie de réutilisation exige une qualité d'eau assez élevée et représente actuellement le plus haut degré de réutilisation pratiquée de façon courante dans un grand nombre de localités, notamment au Canada (en Colombie-Britannique et en Alberta). Entre autres exemples typiques d'utilisation non restreinte en milieu urbain à des fins agricoles ou récréatives, mentionnons :

- Utilisation en milieu urbain : irrigation des parcs, terrains de jeu et cours de récréation; protection contre les incendies; fontaines et bassins ornementaux; chasse d'eau de toilette et climatisation des édifices.
- Utilisation non restreinte à des fins récréatives : applications où il n'y a aucune restriction de contact avec le corps, notamment l'alimentation des lacs et des étendues d'eau où l'on peut nager; fabrication de neige.
- Irrigation agricole des cultures vivrières destinées à la consommation humaine sans cuisson. Dans la plupart des cas, l'amélioration de l'environnement et l'alimentation des nappes souterraines iraient parfaitement dans cette catégorie mais ces utilisations nécessiteraient un contrôle des conditions propres à chaque endroit. Dans ces cas, les eaux usées récupérés peuvent être utilisées pour l'aménagement de marécages, la préservation des terres humides naturelles, le maintien du débit des cours d'eau et l'alimentation des nappes aquifères souterraines. Ces utilisations sont plutôt répandues pour la gestion des eaux de ruissellement, où les répercussions de l'écoulement des eaux urbaines sont atténuées par le ruissellement des étangs, des terres humides et des bassins d'infiltration, ce qui permet de contrôler le débit du ruissellement global et d'en rehausser la qualité.

Les procédés de traitement usuels nécessaires comportent un traitement secondaire minimal suivi d'une filtration et d'une désinfection; des limites strictes sont fixées en ce qui concerne la demande biochimique en oxygène (DBO) des effluents, leur turbidité, le total des coliformes et les coliformes fécaux, les résidus de désinfectant et le pH (agence américaine de protection de l'environnement, 1992).

Utilisations urbaines et récréatives restreintes, irrigation de cultures non vivrières ou de cultures transformées avant consommation

Ces applications sont des exemples relativement fréquents de réutilisation de l'eau dans des lieux d'accès restreint ou d'activités restreintes. Ces restrictions supposent l'exposition limitée d'une population à l'eau récupérée ou encore l'exposition limitée des populations urbaines à des activités

restreintes. Des exemples typiques de cette catégorie suivent :

- Irrigation d'aménagements : terrains de golf, cimetières, bordures de verdure et terre-pleins des autoroutes.
- Utilisations récréatives restreintes : pêche récréative, canotage et autres activités récréatives sans contact.
- Irrigation agricole : fourrages, fibres, cultures grainières, pâturages, pépinières, gazonnières et aquaculture commerciale.

Les exigences relatives à la qualité de l'eau sont les mêmes pour toutes les utilisations de cette catégorie. Le traitement de récupération habituel comporte un traitement secondaire suivi d'une désinfection; les exigences relatives à la demande biochimique en oxygène (DBO), à la turbidité (solides en suspension) sont plus souples pour cette catégorie que pour la catégorie de réutilisations urbaines non restreintes (agence américaine de protection de l'environnement, 1992

Applications de réutilisation (en vue de diminuer les exigences relatives à la qualité de l'eau)

- Réutilisation à titre d'eau potable - directe
  - indirecte
- Utilisations urbaines et récréatives non restreintes, irrigation de cultures vivrières
- Utilisations urbaines et récréatives restreintes, irrigation de cultures non vivrières ou de cultures transformées avant consommation
- Réutilisation et recyclage à des fins industrielles

Réutilisation et recyclage industriels

Le secteur industriel est celui qui utilise le plus d'eau au Canada. En 1991, plus de 80 % du prélèvement total au Canada était attribuable à l'exploitation minière, aux autres industries primaires et au secteur manufacturier. Toutefois, moins de 20 % de ce prélèvement est consommé et les possibilités de recyclage demeurent nombreuses. La réutilisation des eaux usées des municipalités pour répondre aux besoins du secteur industriel a commencé dès les années 1940 (réutilisation d'eaux usées par la Bethleem Steel, à Baltimore, dans le Maryland) (Asano, 2002). Dans sa réglementation sur les effluents urbains, la Colombie-Britannique a prévu des directives concernant l'utilisation des eaux municipales récupérées aux fins des secteurs de la construction et de l'industrie, notamment le lavage des agrégats, la fabrication du béton, le nettoyage de l'équipement, l'alimentation des tours de refroidissement (à l'exclusion du refroidissement par évaporation), le nettoyage des cheminées, l'alimentation des chaudières et l'eau de fabrication (à l'exclusion de la transformation des aliments) (ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, 2001). Même si aucun exemple d'une telle réutilisation au Canada n'a été présenté à l'atelier, cette forme de réutilisation, que la ville de Calgary envisage actuellement de mettre en pratique, est réalisable et avantageuse sur le plan économique.

Le traitement de récupération habituel des eaux municipales usées de cette catégorie comporte un traitement secondaire et une désinfection qui doit répondre aux critères de qualité des effluents concernant la DBO, le total des solides en suspension et le total des coliformes fécaux (agence américaine de protection de l'environnement, 1992). Cependant, les exigences relatives à la qualité de l'eau tendent à être propres à l'industrie, puisque les changements de la composition chimique de l'eau peuvent modifier les procédés utilisés. Les préoccupations que pose la qualité de l'eau dans la réutilisation et le recyclage industriels touchent habituellement l'entartrage, la corrosion, la formation de bactéries, l'encrassement, la formation de mousse et les effets sur la santé des travailleurs que peut

entraîner l'inhalation d'aérosols contenant des composés organiques volatils ou des agents pathogènes microbiologiques (Asano et Levine, 1998). Bien que la Legionella pneumophila se développe dans les circuits d'eau de refroidissement des systèmes de climatisation, rien n'indique que l'eau récupérée est plus susceptible de contenir la bactérie que l'eau de toute autre source (Crook, 1998).

RÈGLEMENTS, CRITÈRES DE QUALITÉ ET DIRECTIVES CONCERNANT LA RÉUTILISATION DE L'EAU

Aperçu du cadre réglementaire

Australie

En Australie, environ 11 % des eaux usées urbaines sont récupérées et l'on prévoit que cette proportion augmentera au cours des prochaines années, plus particulièrement dans les régions où le climat est sec comme l'Australie-Méridionale et le Queensland. Des directives nationales concernant l'utilisation d'eau récupérée dans les systèmes d'égout, récemment mises à jour par le *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*, précise cinq niveaux de qualité de l'eau s'échelonnant du libre accès à l'accès restreint. Le niveau pertinent est déterminé pour chacune des applications souhaitées. Avant leur mise en œuvre, les projets de réutilisation de l'eau doivent généralement être approuvés ou autorisés un à un par l'instance de protection de l'environnement ou le comité de réglementation approprié. Des états comme la Nouvelle-Galles du Sud et l'Australie-Méridionale ont également élaboré des directives pour aider les utilisateurs à obtenir une telle approbation.

Nouvelle-Galles du Sud (NGS)

Les directives de la NGS concernant la réutilisation des effluents, *Water Conservation by Re-Use – Guidelines for the Use of Recycled Water in New South Wales*, fixe les exigences relatives à la réutilisation des effluents ayant fait l'objet d'un traitement secondaire et d'une désinfection supplémentaire à des fins diverses : utilisations industrielles; pâturages, irrigation des cultures et des forêts; irrigation des aménagements paysagers en milieu urbain, alimentation des nappes souterraines. Conformément aux directives existantes, chaque utilisateur doit obtenir l'approbation de l'agence de protection de l'environnement. Des directives ont aussi été élaborées à l'égard des utilisations urbaines et résidentielles d'eaux récupérées (NGS, 1993). Les directives de réutilisation urbaine introduisent une nouvelle catégorie d'eau récupérée, soit une eau ayant été soumise à un contrôle de la qualité et à un traitement d'appoint. Le but est d'en faire une eau qui se prête à la plupart des utilisations autres que la consommation, dans les zones urbaines résidentielles de libre accès au public, et qui puisse être distribuée de façon générale au moyen d'un système à double réticulation. Toute administration d'approvisionnement qui exploite un système de réutilisation à double distribution en milieu urbain est tenue d'égaler ou de surpasser les exigences stipulées dans les directives et doit obtenir l'approbation statutaire de l'agence de protection de l'environnement.

Australie-Méridionale

En Australie-Méridionale, les directives relatives à l'eau récupérée (effluents traités) (agence de protection de l'environnement de l'Australie-Méridionale, 1999) décrivent des façons d'utiliser durablement l'eau récupérée sans entraîner de risques inutiles pour la santé publique ou l'environnement. Les directives traitent de l'utilisation d'eau récupérée à des fins agricoles, municipales, résidentielles (autres que la consommation), environnementales et industrielles. De l'information y est fournie concernant la qualité de l'eau récupérée nécessaire à chaque utilisation, les procédés de traitement, la conception des systèmes, leur fonctionnement et leur fiabilité, la convenance des emplacements, le contrôle et la production de rapports. Les directives ne comportent aucune disposition obligatoire mais l'observation de la réglementation est

recommandée à ceux qui proposent d'utiliser de l'eau récupérée. Les dispositions des directives peuvent être intégrées à un permis accordé en vertu de la loi sur la protection de l'environnement ou d'une autorisation émise conformément aux règlements sur le contrôle des déchets prévus dans la loi sur la salubrité de l'environnement et la santé publique.

États-Unis

La demande croissante malgré des ressources en eau limitées, les exigences plus strictes concernant les rejets et une augmentation des investissements dans l'infrastructure des eaux usées ont tous contribué à l'intérêt grandissant pour la réutilisation de l'eau. Aux États-Unis, la réglementation qui régit la réutilisation de l'eau relève de la compétence de chacun des états, l'Arizona, la Floride, la Californie et le Texas étant les états les plus sévères ou la réutilisation est pratiquée. Des directives techniques et, dans certains cas, des règlements d'État ont été élaborés pour régir un grand nombre de pratiques de réutilisation de l'eau, notamment l'irrigation des terrains de golf, parcs, terre-pleins d'autoroutes et cultures agricoles, le refroidissement industriel et l'eau de fabrication, la chasse d'eau de toilette, l'aménagement ou l'amélioration de terres humides, l'alimentation des nappes souterraines et l'augmentation des ressources en eau potable. C'est pourquoi les systèmes de réutilisation et de traitement sur place ou par épandage et les systèmes d'alimentation double gagnent en popularité.

Le seul véritable document de référence à l'échelle nationale demeure les directives sur la réutilisation de l'eau émises par l'agence américaine de protection de l'environnement. Le document, qui propose une liste exhaustive des pratiques de réutilisation de l'eau et des exemples de cas, est une mine d'information sur les exigences relatives à la récupération et les procédés de récupération de l'eau; il contient en outre des recommandations de l'agence et un résumé de la réglementation en vigueur dans les différents états. Le document d'orientation permet ainsi à chacun des états d'établir ses propres normes. L'agence américaine de protection de l'environnement met actuellement à jour les directives émises en 1992. Cette mise à jour a pour but d'adapter les directives aux développements technologiques; d'actualiser et d'étendre le nombre d'études de cas et le champ d'observation des pratiques internationales; d'accroître l'étendue du champ d'étude des questions touchant l'acceptation du public et des établissements; de revoir la grille des exigences d'État. D'autres efforts de recherche sont déployés aux États-Unis en vue d'évaluer les conséquences possibles de petites quantités de produits pharmaceutiques, de sous-produits de désinfection, d'agents ignifuges bromés ou d'autres composés organiques détectés dans l'eau récupérée.

Californie

Les premières normes américaines concernant la réutilisation de l'eau ont été élaborées par l'État de la Californie en 1918 et régulièrement mises à jour depuis. Environ 10 % des eaux usées urbaines de la Californie sont récupérées, ce qui équivaut à quelque 434 x 10^6 m^3 en 1999. Le ministère des Services de santé fixe les normes liées à la santé en matière de récupération et de réutilisation de l'eau. En vertu du code de la Californie sur l'eau, neuf comités régionaux de contrôle de la qualité de l'eau peuvent fixer des normes de qualité, élaborer et faire observer des exigences relatives à l'évacuation des eaux usées et, en consultation avec le Ministère, élaborer et faire observer des exigences concernant la récupération. Chaque projet de récupération de l'eau nécessite l'obtention d'un permis émis par le comité régional concerné et conforme aux critères déterminés par le Ministère. En outre, les organismes locaux de santé peuvent imposer des exigences plus strictes que celles du Ministère ou des comités régionaux. Le code de la Californie sur l'eau stipule que personne ni aucun organisme public ne peut utiliser de l'eau potable convenant à un usage domestique, quelle qu'en soit la source ou la qualité, à des

fins autres que la consommation si de l'eau récupérée propre aux fins recherchées est disponible et remplit certaines conditions concernant la qualité de l'eau, son coût et les droits et effets relatifs aux eaux en aval (Crook, 1999).

Floride

L'État de la Floride est reconnu pour avoir l'un des programmes de réutilisation de l'eau les plus complets aux États-Unis. Une population côtière à 80 p. cent, une distribution des ressources limitées en eau douce, des problèmes causés par les intrusions salines, le débit lent de cours d'eau chauds et limités quant à leur capacité d'assimilation d'effluents sont autant de facteurs qui rendent nécessaire la réutilisation de l'eau. Étant donné une population dont la croissance est la quatrième plus rapide au pays, la Floride compte maintenant sur une expérience intensive de plus de deux décennies dans le domaine de la réutilisation de l'eau. En 2000, cet état a réutilisé 575 millions de gallons par jour d'eaux usées traitées, soit un peu plus de 50 % de sa capacité totale de traitement des eaux usées. L'irrigation des aménagements paysagers est la principale utilisation, suivie des applications aux fins de l'agriculture, de l'industrie, de l'alimentation des nappes souterraines et de la préservation des terres humides. La réutilisation totale pratiquée dans cet état a presque triplé depuis 1986.

Les éléments clés du programme de réutilisation de l'eau de la Floride sont les suivants : un programme de réutilisation impérative, une réglementation complète, la coordination des organismes participants, de l'agence, l'autorisation des activités par le bureau de district du ministère de la Protection de l'environnement, une politique de prévention de la dégradation, des études de faisabilité en matière de réutilisation, des secteurs d'utilisation prudente des ressources en eau, le contrôle des agents pathogènes, du matériel de sensibilisation et de communication publique et le code des bonnes pratiques de réutilisation de l'eau en Floride.

Le fondement législatif et les termes employés en Floride découlent des sections 373.250 et 403.064 des lois de la Floride (traitant du contrôle de l'environnement et des eaux usées ainsi que des ressources et de l'approvisionnement en l'eau), sections qui posent la promotion de la réutilisation de l'eau récupérée comme un objectif d'État. Les règlements de la Floride en la matière, élaborés en 1989 à partir des règlements de 1980, correspondent aux directives concernant la réutilisation de l'eau formulées par l'agence de protection de l'environnement. Ces règlements couvrent notamment la réutilisation à des fins agricoles (cultures non vivrières), la réutilisation en milieu urbain (par exemple l'irrigation, la chasse d'eau de toilette, etc.), la culture de végétaux comestibles, les bassins d'infiltration rapide, l'alimentation des nappes souterraines, les utilisations indirectes de l'eau potable, le ruissellement de surface, les utilisations industrielles et l'émission de permis. Des exigences particulières à chaque traitement sont précisées pour tous les types d'utilisations.

Le programme de réutilisation impérative de l'État nécessite le concours de districts de gestion de l'eau pour désigner « les secteurs d'utilisation prudente des ressources en eau ». Ces secteurs sont ceux où les problèmes d'approvisionnement en eau sont critiques (actuellement ou qui le deviendront au cours des 20 prochaines années) et où il est nécessaire de réutiliser l'eau récupérée à partir d'installations de traitement des eaux usées domestiques, à moins qu'une telle pratique ne soit pas réalisable sur le plan économique, écologique ou technique.

La Floride dispose également d'une politique de prévention de la dégradation régissant les projets de réutilisation, en vertu de laquelle il est interdit d'aménager des points d'évacuation des eaux de surface ou d'agrandir ceux qui existent déjà dans des installations de traitement des eaux usées domestiques, à moins que l'on puisse démontrer que l'ajout ou l'agrandissement est « clairement d'intérêt public ». Puisque la

réutilisation est maintenant préférée à l'ajout de points d'évacuation des eaux de surface, c'est donc dire que la politique s'est avérée être un moyen efficace de favoriser la réutilisation d'eau récupérée tout en contribuant à réduire l'évacuation ou l'élimination des effluents.

Autres états
Beaucoup d'autres états ont élaboré des directives ou des normes pour la réutilisation des effluents traités, tandis que certains autres en sont à modifier ou à clarifier leur code législatif afin d'y inclure de telles applications. L'Arizona, le Texas et l'État de Washington sont au nombre des premiers, alors que le Wisconsin et le Maryland font partie du deuxième groupe.

Canada
Il n'existe actuellement aucune directive nationale concernant la réutilisation des eaux usées au Canada. La Colombie-Britannique et l'Alberta ont cependant élaboré des documents d'orientation en la matière.

Colombie-Britannique
Même si la Colombie-Britannique est perçue comme une province où les ressources en eau douce abondent, un grand nombre d'applications de réutilisation de l'eau y ont été expérimentées (notamment l'irrigation de parcours naturels, les applications sylvicoles, l'augmentation du débit des cours d'eau et la chasse d'eau de toilette) et la province est l'une de deux seules provinces canadiennes où il y a une forme de cadre réglementaire concernant la réutilisation de l'eau. En gros, 3 % des eaux usées sont réutilisées en Colombie-Britannique. La réutilisation de l'eau est un élément-clé de la stratégie provinciale de conservation de l'eau. La promotion de cette pratique contribue à l'atteinte d'objectifs de conservation en :

- Favorisant la transition d'un mode de pensée d'élimination simple à celui d'une réutilisation multiple;
- Permettant d'associer une qualité d'eau à chaque utilisation;
- Aidant les collectivités locales à prévenir des pénuries d'eau potentielles;
- Favorisant l'innovation et l'amélioration continuelle au moyen d'incitatifs.

Au delà de tout ça, la réutilisation de l'eau a contribué à sensibiliser la population à la valeur économique de l'eau, à faire découvrir de nouvelles façons de mieux intégrer l'approvisionnement en eau aux infrastructures d'eaux usées, permettant ainsi de réduire les coûts, et à protéger l'environnement en évitant l'évacuation des effluents.

Pour tirer pleinement profit de ces avantages, le ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air a élaboré un cadre réglementaire pour régir la réutilisation de l'eau en Colombie-Britannique. Le règlement sur les eaux usées urbaines (la *Municipal Sewage Regulation*), adopté en 1999, est une politique axée essentiellement sur l'efficacité (en remplacement du régime de permis antérieur, qui prenait beaucoup de temps). Le règlement définit les normes relatives au traitement des eaux usées des municipalités, à la réutilisation de l'eau, et à l'évacuation des effluents traités. La conformité au règlement de la province sur les eaux usées urbaines ou encore, dans le cas des administrations locales, la conformité à l'option consistant à mettre en œuvre des plans de gestion des déchets liquides par secteur, justifie l'autorisation de projets de réutilisation de l'eau.

Les utilisations autorisées en vertu du règlement sur les eaux usées urbaines sont regroupées en deux catégories : les activités d'accès public non restreint et les activités d'accès public restreint, les premières nécessitant une qualité d'eau considérablement plus élevée. Les utilisations urbaines (irrigation des parcs, chasse d'eau de toilette), agricoles (vergers, aquaculture) et récréatives (fabrication de neige) sont des exemples d'utilisations d'accès public non restreint. Les utilisations agricoles (gazonnières), liées au domaine de la construction (fabrication du béton) et

industrielles (tours de refroidissement) sont des exemples d'utilisations d'accès public restreint. Le règlement précise les exigences relatives à la conception, au fonctionnement et au contrôle. Des moyens d'éviter les mauvaises connexions sont également abordés, notamment une plomberie d'intérieur distincte et un deuxième système principal complet d'alimentation en eau pour les utilisations d'extérieur.

En mai 2001, la province a publié un code de pratique sur l'utilisation de l'eau récupérée. Document de référence et d'orientation majeur en qui concerne l'utilisation de l'eau récupérée en Colombie-Britannique, le code est conçu pour appuyer les exigences réglementaires prescrites dans le règlement sur les égouts municipaux.

Alberta

L'irrigation aux fins de l'agriculture est pratiquée de façon intensive dans une grande partie de l'Alberta. Dans la province, 71 % de l'approvisionnement en eaux douces de surface sert actuellement à l'irrigation et plus de 505 000 hectares de terre sont irrigués pour améliorer la production agricole. Par conséquent, le ministère de l'Environnement de l'Alberta encourage la réutilisation des effluents urbains traités aux fins de l'irrigation des terres; il en fait la promotion à titre de saine pratique de gestion, dans la mesure où elle remplit des conditions strictes liées à la gestion, de façon à éviter tout risque potentiel pour la santé et la sécurité de la population. C'est pourquoi la réutilisation des eaux usées urbaines est régie par la loi actuelle de l'Alberta sur la protection et l'amélioration de l'environnement; de plus, toute utilisation d'eaux usées urbaines à des fins d'irrigation en Alberta doit être officiellement approuvée avant d'être autorisée. L'émission de tels permis est administrée par le ministère de l'Environnement de l'Alberta et est assujettie à certaines exigences établies par le Ministère dans ses directives concernant la gestion des déchets et l'utilisation d'eaux usées à des fins d'irrigation.

Conformément à la loi provinciale sur la protection et l'amélioration de l'environnement, les utilisations d'eaux usées urbaines à des fins d'irrigation s'appliquent aux terrains de golf, aux boulevards et parcs municipaux, aux terres à bois (suivant une approbation spéciale) et aux terres agricoles utilisées aux fins de pâturage ou de la production de fourrages, de céréales secondaires, de pelouse ou d'oléagineux. Pour toute autre culture, l'irrigation n'est possible que si des d'études scientifiques démontrent d'abord et avant tout qu'elle ne pose aucun risque pour la santé humaine ou l'environnement. Le processus d'autorisation préalable à la réutilisation d'eaux usées à des fins d'irrigation en Alberta se divise en quatre étapes principales :

- évaluation de la qualité des eaux usées;
- évaluation de la convenance du sol;
- examen de la conception du système;
- émission du permis ou inscription.

Critères de qualité

La qualité d'une eau qui se prête à diverses applications de réutilisation est définie selon des critères de qualité et des règlements. Les risques pour la santé humaine associés à une exposition aux organismes pathogènes est une considération déterminante dans l'élaboration de tels règlements. Les critères de qualité de l'eau sont habituellement déterminés pour chaque application où il y a réutilisation d'eau, en fonction du procédé de traitement utilisé (et de sa fiabilité), du système de distribution et de la présence ou non d'unités de stockage. Ces critères ont pour objectif de protéger d'abord la santé publique en portant l'attention sur les composants chimiques et microbiologiques, même si la protection de l'environnement joue un rôle croissant dans l'élaboration des critères relatifs à l'eau récupérée.

Les risques de transmission d'une maladie infectieuse par des agents pathogènes sont la

préoccupation la plus fréquente que soulève la réutilisation des eaux urbaines récupérées à des fins autres que la consommation. Bien qu'aucune poussée épidémique d'une maladie quelconque n'ait été rapportée aux cours des dernières années, certaines épidémies ont été observées ailleurs et elles étaient généralement liées à l'utilisation d'une eau récupérée insuffisamment traitée et contaminée par des bactéries ou des parasites (Crook, 1998). Par conséquent, on consacre davantage d'efforts à l'élimination des agents pathogènes contenus dans les eaux récupérées. De plus, bien que la présence d'une faible quantité d'agents pathogènes soit tolérée pour certaines réutilisations, la pratique générale consiste à fournir uniquement une eau récupérée d'une qualité qui corresponde au plus haut degré de réutilisation pratiquée dans la collectivité. Ce plus haut degré de réutilisation consiste généralement en l'irrigation des aménagements paysagers résidentiels, la chasse d'eau de toilette et l'irrigation des parcs. À cette fin, l'eau doit être avant tout exempte d'agents pathogènes; en cas d'ingestion accidentelle, elle ne présenterait ainsi pas vraiment de risques de transmission d'une maladie infectieuse.

Les microorganismes à signaler sont des bactéries, des protozoaires, des helminthes ou des virus. La salmonelle est au nombre des agents pathogènes que l'on retrouve le plus souvent dans les eaux usées. Les mycobactéries et les espèces Shigella, Vibrio, Clostridium, Leptospira et Yersinia sont d'autres bactéries fréquemment retrouvées. La gastro-entérite d'origine hydrique peut être causée par Escherichia coli et certaines souches de Pseudomonas. Les eaux usées contiennent des sporocystes et des oocystes des protozoaires, en particulier des sporocystes de Giardia et des oocystes de Cryptosporidium. Ceux-ci sont plus difficiles à inactiver par chloration que les bactéries et les virus. Les helminthes les plus nombreux dans les eaux usées sont les vers intestinaux dont les hémonchus, les cestodes, les trichocéphales, les ankylostomes et les nématodes. On retrouve dans les eaux usées plus d'une centaine d'entérovirus excrétées par les humains et porteurs d'infections et de maladies. Les principaux virus d'origine hydrique causant des affections diarrhéiques sont le rotavirus et le virus de Norwalk (Crook, 1998). Il est impensable d'analyser un échantillon pour chaque agent pathogène possible; c'est pourquoi l'on recourt habituellement à des indicateurs écologiques tels que le total des coliformes et les coliformes fécaux. La pertinence de ces indicateurs écologiques ne fait pas l'unanimité; les coliformes fécaux, par exemple, révèlent assez efficacement la présence d'agents pathogènes d'origine bactérienne, mais moins bien la présence d'agents pathogènes comme les virus, les protozoaires ou les helminthes (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 1989)

La présence de composants chimiques dans les effluents urbains n'est pas un facteur de préoccupation majeure pour la santé en ce qui concerne l'utilisation d'eaux urbaines récupérées, mais elle peut compromettre la convenance de l'eau pour l'irrigation des cultures vivrières, pour les réutilisations indirectes à titre d'eau potable et pour quelques applications industrielles. Aussi, les composants chimiques deviennent une préoccupation majeure lorsque l'eau récupérée peut entrer en contact avec les nappes souterraines. Ces dernières années, par exemple, la présence de produits chimiques comme les perturbateurs endocriniens (voir à ce sujet la récente étude de M. Servos et coll., 2001) et de produits pharmaceutiques et thérapeutiques (Servos et coll., 2002) dans les réserves d'eau soulève de plus en plus d'inquiétudes. Ces produits chimiques font actuellement l'objet d'études, à la fois au Canada et aux États-Unis, visant à déterminer leur fréquence, leurs effets sur l'environnement et les risques qu'ils posent (notamment sur le plan de la santé, à long terme) et l'atténuation possible de ces risques au moyen de mesures de contrôle (le traitement des eaux usées, entre autres). Certaines de ces études ainsi que d'autres études récentes portent essentiellement sur ces nouveaux produits

chimiques préoccupants que l'on retrouve dans les eaux réutilisées (Sedlak et coll., 2000).

Les produits chimiques contrôlés dans les projets de réutilisation de l'eau peuvent être classés en six groupes, soit les matières organiques biodégradables, les matières organiques stables, les éléments nutritifs, les métaux lourds, le chlore résiduel et les solides en suspension. Une brève description de ces groupes suit.

Principaux contaminants retrouvés dans les eaux récupérées

Microbiologiques :
- bactéries;
- virus;
- protozoaires;
- helminthes.

Chimiques :
- matières organiques biodégradables et stables;
- éléments nutritifs;
- métaux lourds;
- chlore résiduel;
- matières dissoutes et solides en suspension;
- nouveaux contaminants (perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques, par exemple).

Les matières organiques biodégradables sont habituellement caractérisées par la demande biochimique en oxygène (DBO), laquelle fournit une mesure de la présence de composants biodégradables. En général, les matières organiques nourrissent les microorganismes, ont des effets inhibiteurs sur le processus de désinfection et consomment de l'oxygène. Les matières organiques stables résistent au traitement conventionnel des eaux usées et peuvent être nocives pour l'environnement. Leur présence peut compromettre la convenance des eaux récupérées pour certaines réutilisations; le carbone organique total (COT) permet de les caractériser. L'azote, le phosphore et le potassium sont des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes; conséquemment, leur présence rehausse la valeur des eaux récupérées destinées à l'irrigation agricole. Toutefois, lorsque ces éléments nutritifs rejoignent les eaux réceptrices, ils peuvent entraîner l'eutrophisation de celles-ci ou une prolifération de la flore aquatique. Rejeté dans le sol, l'azote peut atteindre par lessivage les nappes souterraines, entraînant ainsi le dépassement des normes établies relativement à l'eau potable. Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans l'environnement et sont toxiques pour les plantes et les animaux. Leur présence limite la convenance des eaux récupérées pour l'irrigation. Le chlore résiduel est toxique pour de nombreux organismes aquatiques et doit être éliminé avant que l'effluent ne soit évacué dans les eaux réceptrices (par déchloration). Le chlore peut notamment réagir avec des matières organiques contenues dans les eaux réceptrices et former des matières organiques chlorées nuisibles à la santé. Les solides en suspension permettent le transport des composants organiques et des métaux lourds et réagissent avec les désinfectants, réduisant ainsi l'efficacité du processus de désinfection. Ils nuisent également à la désinfection aux ultraviolets. Enfin, des taux élevés de matières dissoutes peuvent réduire la convenance d'une eau récupérée pour l'irrigation et, à long terme, réduire la productivité du sol.

Recommandations en matière de qualité

La qualité des eaux récupérées est bien encadrée dans les pays ou les régions où la réutilisation est pratiquée à grande échelle. Ceux qui comptent un bon nombre d'années

d'expérience dans ce domaine ont révisé leur réglementation au fil des ans de façon qu'elle tienne compte du développement des applications de réutilisation, des procédés de traitement et des possibilités en matière La plupart des règlements ou des recommandations comportent de l'information sur les exigences relatives à la qualité de l'eau récupérée, les procédés de traitement des eaux usées, le contrôle du contenu des eaux, les distances de sécurité des puits d'approvisionnement en eau potable et des lieux accessibles au public. D'une manière générale, on établit les niveaux et les catégories de qualité de l'eau selon les types de traitements, selon les critères de qualité ou selon tous ces paramètres; ces niveaux ou catégories sont transposés aux applications potentielles en fonction des possibilités de contact avec les humains ou de risques pour l'environnement. Les consignes sur la fréquence des contrôles et sur les distances de sécurité visent à permettre une meilleure protection de la santé publique.

L'article 22 du code réglementaire de la Californie (*California Code of Regulations*) définit la qualité des eaux usées en fonction des techniques de traitement utilisées et de la qualité microbiologique. La qualité de l'eau récupérée exigée est déterminée suivant le type d'application, laquelle est décrite explicitement. L'irrigation de cultures vivrières dont la partie comestible est produite au-dessus du sol et n'entre pas en contact avec l'eau, par exemple, nécessite au moins l'utilisation d'une eau recyclée ayant subi un traitement de désinfection secondaire et satisfaisant de façon rigoureuse aux exigences relatives au total des coliformes. Par contre, l'irrigation de vergers et de vignobles, où l'eau recyclée n'entre pas en contact avec la partie comestible des récoltes, et l'irrigation de cultures vivrières qui subissent une transformation visant à éliminer les agents pathogènes avant la consommation humaine ne nécessite qu'une eau recyclée secondaire non désinfectée (Crook, 1999). Les règlements de la Californie en la matière, qui accorde une très grande importance à l'élimination des risques d'analyses; la Floride, la Californie et la Nouvelle-Galles du Sud (Australie) en sont de bons exemples.

liés aux agents pathogènes en prescrivant des totaux coliformes extrêmement bas (selon l'application), ont fait l'objet de critiques pour leur caractère excessif (OMS, 1989). En 1989, l'OMS a publié un rapport, soit *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations à visées sanitaires*, contenant des directives en matière de santé publique pour les territoires (en particulier les pays en voie de développement) où la réutilisation planifiée des eaux usées est une pratique courante. Contrairement aux règlements qui prévalent en Californie, les directives de l'OMS sont passablement moins restrictives quant aux exigences relatives aux coliformes, afin de rendre cette pratique plus accessible aux pays en voie de développement. Les recommandations de l'OMS proposent cependant la réduction des œufs d'helminthes, ces derniers étant considérés comme les principaux agents pathogènes dont se préoccupent nombre de pays en voie de développement (OMS, 1989).

En 1992, l'agence américaine de protection de l'environnement a publié un manuel intitulé *Guidelines for Water Reuse* afin de venir en aide aux régions des États-Unis qui ne disposent d'aucun critère ou d'aucune norme en la matière. Le document propose des directives concernant plusieurs applications de réutilisation de l'eau, dont la réutilisation en milieu urbain, l'irrigation de lieux d'accès restreint, l'irrigation de cultures vivrières et non vivrières, l'alimentation de surfaces d'eau récréatives ou paysagères, la réutilisation dans les secteurs de l'industrie et de l'environnement, l'alimentation des nappes souterraines et la réutilisation indirecte de l'eau à titre d'eau potable. Le manuel spécifie, pour chaque application de réutilisation, des directives concernant la qualité de l'eau récupérée, les procédés de traitement des eaux usées, le contrôle de leur contenu et les distances de sécurité des puits

d'approvisionnement en eau potable et des lieux accessibles au public.

Un groupe d'experts internationaux suggérait récemment la mise en œuvre d'un cadre de travail international pour le recyclage de l'eau, qui utiliserait une grille d'évaluation de la qualité en fonction des risques suivant une échelle qui varierait d'un rapport faible qualité/risques élevés à un rapport qualité élevée/faibles risques (Anderson et coll., 2001). Les risques évalués seraient ensuite calculés en fonction de l'exposition, de la dose et de la réaction, qui varient selon les méthodes utilisées et les conditions locales. Pour établir la limite de risques acceptable pour une région donnée, il faudrait ensuite évaluer celle-ci en fonction des conditions locales et des coûts impliqués; cette limite acceptable pourrait être définie à l'échelle nationale ou régionale.

Conscient que la responsabilité du traitement des eaux potables et usées est de compétence provinciale, le Canada ne dispose pas de réglementation fédérale précise régissant la récupération et la réutilisation des eaux usées. Il est de la responsabilité des provinces de créer leur propre réglementation en matière de réutilisation; aussi, au cours de l'atelier, deux exemples de tels documents ont fait l'objet de discussions, soit ceux de l'Alberta (Forster, 2002) et de la Colombie-Britannique (Jenkins, 2002). Ces documents étaient très bien documentés au sujet de la récupération et contenaient également des commentaires supplémentaires concernant d'autres pratiques canadiennes et d'ailleurs. Ces documents pourraient en fait servir de modèle pour les autres provinces canadiennes qui souhaitent élaborer leur propre réglementation.

Colombie-Britannique. Le tableau 1 et les notes afférentes résument les normes et les applications permises pour l'eau récupérée, telles qu'elles sont décrites dans la réglementation sur les effluents urbains de la Colombie-Britannique.

Explications supplémentaires
Les applications permises se limitent à celles énumérées dans les listes suivantes (les autres devant faire l'objet de recherche) pour les endroits où l'accès public n'est pas restreint. Au nombre des utilisations urbaines, on compte l'irrigation des parcs (sauf quelques exceptions), des terrains de jeu, des cimetières, des terrains de golf (sauf quelques exceptions), des emprises de voirie, des cours et terrains d'école (sauf quelques exceptions), des pelouses résidentielles, des espaces verts en milieu urbain et des aménagements paysagers autour des édifices, le lavage des autos et des entrées privées, la chasse d'eau de toilette, les fontaines décoratives extérieures, la protection contre le feu (à l'extérieur) et le nettoyage des rues. Parmi les utilisations agricoles, mentionnons l'aquaculture, les cultures destinées à la consommation sans cuisson, les vergers et les vignobles, les champs et les prés (aucun temps d'attente avant les pâturages), arrosage préventif pour contrer les risques de gel (*doit faire l'objet d'une consultation plus approfondie*), le rafraîchissement des cultures, l'arrosage au moyen de produits chimiques des cultures destinées à la consommation sans cuisson et les semences. Parmi les usages récréatifs, il y a l'augmentation du débit des cours d'eau et l'alimentation des surfaces destinées à la navigation de plaisance ou à la pêche, la fabrication de neige pour le ski ou la planche à neige (ces derniers usages sont tous appelés à faire l'objet de modifications réglementaires).

Tableau 1. *Utilisations permises et normes à suivre concernant l'eau récupérée (selon le ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1999)*

Utilisations permises	Exigences relatives au traitement	Exigences relatives à la qualité de l'effluent	Exigences relatives à la fréquence du contrôle
L'accès public non restreint – utilisations agricoles, récréatives et urbaines	Secondaire, avec ajout de produit chimique, filtration, désinfection et stockage d'urgence	- $DBO_5 \leq 10$ mg/L - Turbidité ≤ 2 UTN - coliformes fécaux ≤ 2,2/100 mL - pH = 6 à 9 - plus d'autres facteurs généraux	Hebdomadaire En continue Quotidien
L'accès public restreint – utilisations agricoles, urbaines, récréatives ou à des fins de construction, utilisations industrielles et environnementales	Secondaire, avec désinfection	- $DBO_5 \leq 45$ mg/L - total des solides en suspensions ≤ 45 mg/L - Coliformes fécaux ≤ 200/100 mL - pH = 6 à 9 - plus d'autres facteurs généraux	Hebdomadaire Quotidien Hebdomadaire Hebdomadaire

Accès public restreint – parmi les applications d'irrigation agricole, mentionnons : les cultures vivrières transformées à des fins commerciales (soumises avant la vente à un traitement pour l'élimination des agents pathogènes), le fourrage et les fibres, les pâturages (le broutage des animaux peut y être interdit pour une période de 3 à 6 jours après l'irrigation) la sylviculture, les pépinières, les gazonnières, la protection contre le gel printanier (fait encore l'objet d'une consultation), l'arrosage à l'aide de produits chimiques et l'irrigation goutte à goutte des vergers. Parmi les applications urbaines et récréatives, (d'autres règlements sont à venir), mentionnons les surfaces d'eau et chutes d'eau aménagées, la fabrication de neige à des fins autres que la pratique du ski ou de la planche à neige. Parmi les utilisations relatives à la construction, il y a le compactage du sol, le contrôle de la poussière, le nettoyage des agrégats, la fabrication du ciment et le nettoyage de l'équipement. Au nombre des utilisations industrielles, mentionnons les tours de refroidissements, l'eau de fabrication, le nettoyage des cuves et l'alimentation des chaudières. Enfin, les applications environnementales (d'autres règlements sont à venir) comptent l'alimentation des terres humides, utilisation qui devrait cependant prévoir un taux moins élevé de coliformes fécaux.

On doit vérifier minutieusement la fiabilité des procédés de traitement; dans le cas des applications où l'accès public n'est pas restreint, un stockage d'urgence est nécessaire. Tout traitement est secondaire, sauf celui par dilution, et doit produire un effluent de qualité dont les caractéristiques sont une demande biochimique en oxygène $DBO_5 \leq 45$ mg/L et le taux de TSS ≤ 45 mg/L, sauf pour les systèmes à lagune pour lesquels des taux relativement élevés de TSS sont permis (60 mg/L). Au nombre des produits chimiques ajoutés, il y a les coagulants non toxiques et les polymères,

dont l'ajout est fait avant la filtration. Le stockage de l'eau pour une durée de 60 jours peut remplacer la filtration, en autant que l'on respecte les exigences supplémentaires. Pour la distribution de l'eau récupérée, un maximum de chlore résiduel de l'ordre de 0,5 mg/L au point d'utilisation doit être maintenu, à moins que la qualité d'après les critères nous permette de déroger à cette exigence.

Pour ce qui est des normes de qualité des effluents, les limites sont calculées en fonction des moyennes d'écoulement à l'exutoire ou au point d'utilisation, dans le cas de systèmes munis de réservoirs de stockage. Les limites permises pour la turbidité doivent être observées avant la désinfection; suivant une période moyenne, généralement de 24 heures, les lectures isolées doivent être ≤ 5 UTN (unités de turbidité néphélémétrique). En substituant, lors des tests, le facteur de turbidité par le TSS, le taux moyen doit être ≤ 5 mg/L. Les dénombrements de coliformes fécaux sont effectués selon les valeurs médianes en cours d'écoulement, et les calculs portent sur les sept dernières lectures; dans le cas d'un usage où l'accès public n'est pas restreint, aucun dénombrement d'un échantillon isolé ne peut excéder 14/100 mL. Dans la colonne des exigences générales, il faut répondre à d'autres conditions relatives aux agents pathogènes et aux parasites, à l'odeur, à l'irritation pour la peau et les yeux, à la toxicité, aux taux de métaux et d'éléments nutritifs. Avant de distribuer l'eau récupérée, la conformité aux normes doit être contrôlée et confirmée. On effectue le test de coliformes fécaux quotidiennement durant une période initiale de 60 jours; par la suite, si les normes sont respectées de façon continue, le test pourra alors être fait effectué sur une base hebdomadaire pour vérifier la présence de coliformes.

Alberta. Les directives de l'Alberta donnent des indications détaillées aux municipalités qui envisagent l'irrigation comme moyen d' évacuer leurs eaux usées (ministère de l'Environnement Alberta, 2000). Suivant la terminologie employée dans le tableau 1, cette application présente les utilisations urbaines et agricoles dans des secteurs où l'accès public n'est pas restreint et les utilisations agricoles où l'accès public est restreint. Les directives portent sur l'évaluation de la qualité de l'effluent, de la convenance du terrain et du type de système qui permettent une irrigation tenant compte de la protection de l'environnement et de la santé humaine. Aux fins de comparaison avec les données du tableau 1 et celles d'autres publications, les normes de qualité relatives aux effluents traités servant à l'irrigation au moyen d'eaux usées sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2. *Normes de qualité relatives aux effluents traités servant à l'irrigation au moyen d'eaux usées (ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2000)*

Utilisations permises	Exigences relatives au traitement	Exigences relatives à la qualité de l'effluent	Fréquence du contrôle des exigences
Irrigation conventionnelle à l'aide d'eaux usées, utilisation restreinte ou non restreinte	La meilleure forme de traitement possible, pour fournir un effluent de la qualité exigée (principalement, lors d'un traitement secondaire avec désinfection)	- DBOMC < 100 mg/L - DCO < 150 mg/L - TSS < 100 mg/L - CE < 1.0 dS/m pour utilisation limitée 1.0-2.5 dS/m pour utilisation limitée > 2.5 inacceptable - RAS < 4 pour un usage non restreint 4-9 pour un usage restreint EC > 1.0 dS/m > 9 inacceptable - pH = 6,5 à 8,5 - Total des coliformes < 1000 /100 mL - Coliformes fécaux < 200 /100 mL	Semestriel Semestriel Semestriel Semestriel Semestriel Semestriel Moyenne d'échantillonnage géométrique hebdomadaire ou quotidienne dans un mois civil, selon s'il y a stockage ou non

Explications supplémentaires

Paramètres : DBOMC (demande biochimique en oxygène des matières carbonées), DCO (demande chimique en oxygène), CE (conductivité électrique) et RAS (rapport d'adsorption du sodium). L'échantillonnage du total des coliformes ou des coliformes fécaux s'effectue en prélevant un échantillon au hasard, seulement pour l'eau servant à l'irrigation des terrains de golf et des parcs. Pour tous les autres paramètres, on utilise des échantillons prélevés au hasard dans le cas de systèmes munis de réservoirs de stockage et des échantillons composés dans le cas de systèmes sans réservoir de stockage. Les échantillons de contrôle sont recueillis avant et après une irrigation majeure pour tous les paramètres, sauf les bactéries (prélèvement d'échantillons au hasard, quotidien ou hebdomadaire).

Les règlements sur la qualité de l'eau réutilisée s'appliquent habituellement en deux temps; premièrement, lors d'une demande d'approbation de projets de récupération et de réutilisation des eaux usées (selon la caractérisation globale des eaux usées du ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2000); deuxièmement, lors du contrôle de routine une fois le projet réalisé. Le premier protocole est beaucoup plus complet et peut comprendre un grand nombre d'éléments constitutifs d'intérêt (Forster, 2002). Parmi les éléments constitutifs importants, on retrouve les agents pathogènes qui touchent les humains (les bactéries spécifiques, les

parasites protozoaires et helminthiques et les virus), l'ensemble des paramètres chimiques (DBO, TSS, DCO, pH, CE, les rapports d'adsorption du sodium, les éléments nutritifs (plusieurs formes de N, TP et de phosphore dissolus, le potassium), la plupart des cations et des anions (Ca, carbonate, F, Mg, bicarbonate, sulfate, Na, l'alcalinité complète et le chlorure), ainsi que les métaux (Al, As, B, Cd, le chrome trivalent et hexavalent, Co, Cu, F, Fe, Pb, Li, Mn, Mo, Ni, Se, U, V et le Zn). Habituellement, le contrôle de routine s'effectue suivant un nombre réduit de paramètres, mesurés à des fréquences variables telles qu'elles ont été précisées lors de l'approbation du projet.

Élaboration de critères. Les critères des tableaux 1 et 2 correspondent assez bien aux valeurs de références établies par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA) en ce qui concerne les utilisations agricoles, récréatives et urbaines où l'accès public n'est pas restreint. Au cours de l'atelier, deux sources de données (de la Colombie-Britannique et de l'Alberta) ont été présentées et ont fait l'objet de brèves discussions. Les autres sources ayant fait l'objet de discussions sont celles qui ont été présentées à l'occasion de l'atelier de la SCHL de 1999 concernant la réutilisation des eaux usées et auxquelles on réfère maintenant sous la désignation de protocole d'Ottawa de 1999. Dans ce protocole, on recommandait de fournir toutes les caractéristiques concernant l'usage des eaux récupérées, pour ce qui est des éléments constitutifs physiques, chimiques et microbiologiques. De plus, on recommandait de faire progresser la récupération et la réutilisation de l'eau au Canada en élaborant un système de classification pour les différents types de réutilisation de l'eau et des directives devant en outre définir les systèmes de contrôle appropriés. L'une des plus importantes applications de réutilisation abordées dans le protocole d'Ottawa de 1999, est la chasse d'eau de toilette; les critères de qualité de l 'eau recommandés dans ce cas sont présentés dans le tableau 3 (Stidwill et Dunn, 2000).

Tableau 3. *Critères de qualité de l'eau pour la réutilisation des eaux usées résidentielles – chasse d'eau de toilette (protocole d'Ottawa de 1999)*

Paramètres	États-Unis EPA	Projet pilote de la SCHL	Mise à jour des recommandations
Turbidité	2 à 5 UTM	20 UTM	5 UTM
Couleur	Claire	30 TCU	20 TCU
Odeur	Sans odeur		Sans odeur
Fer		1,0 mg/L	0,5 mg/L
Manganèse		0,5 mg/L	0,5 mg/L
Température			< 45 C
DBO	5 à 30 mg/L		10 mg/L
TSS	5 à 30 mg/L	10 mg/L	Mêmes critères que pour la turbidité
pH	6 à 9		6 à 9
Microorganismes	Coliformes fécaux non apparent	Objectifs pour l'eau potable en Ontario	10 *E. coli*/100 mL

De plus, un processus d'élaboration des critères a été proposé sous forme d'organigramme pour :

- avoir une compréhension précise de l'utilisation finale des eaux traitées récupérées;
- réaliser une évaluation des risques;

- dresser une liste de paramètres possibles aux fins des directives sur la qualité de l'eau;
- revoir les critères d'évaluation de la qualité de l'eau sous d'autres administrations;
- consulter les organismes des secteurs de l'environnement et de la santé;
- mener des recherches, mettre à l'essai les directives concernant les critères d'évaluation de la qualité de l'eau;
- élaborer une liste de suggestions de critères pouvant servir aux fins de la première étape de l'approbation officielle d'un projet.

Les avis ne sont pas unanimes quant aux critères nécessaires pour une application à faible potentiel de contact humain telle que la chasse d'eau de toilette. Le fait d'établir des critères trop sévères augmente de façon importante le coût d'une application et réduit sa faisabilité. Dans certains cas, cela peut mener à la réutilisation d'une eau de moindre qualité ne répondant pas aux critères établis pour les eaux traitées récupérées. Cependant toute réutilisation d'eau non potable à l'intérieur d'un même édifice nécessite un système de plomberie double et comporte ainsi une augmentation des risques pour la santé imputable à une fuite ou à un mauvais branchement accidentel. Dans de telles circonstances, afin d'assurer la protection du public, une approche préventive est nécessaire de la part des ingénieurs et des autres professionnels responsables de la conception et de l'approbation de ces projets.

L'une des plus grandes inquiétudes du public au sujet de la récupération et de la réutilisation de l'eau est le facteur risque, lequel implique la sécurité et un niveau acceptable de risques pour la santé. L'évaluation quantitative des risques (EQR) est l'approche la plus fréquemment utilisée pour évaluer les risques pour la santé. Cette technique se divise en quatre étapes : l'identification du danger, l'évaluation des risques d'exposition, l'évaluation de la dose-réaction et la caractérisation des risques. Le meilleur exemple d'une approche réglementée découlant de cette méthode est le règlement de la Californie sur le recyclage de l'eau (*Water Recycling Regulations*), qui est relativement sévère. Une autre technique utilisée pour l'analyse des risques est celle de la « technologie moindre/coût moindre/risques contrôlés » ou la technique du risque attribuable (RA). La technique du RA utilise les études épidémiologiques, où les pratiques et les directives consistent à ne pas exposer la population aux risques. La méthode du RA n'est cependant pas aussi précise que l'EQR pour l'évaluation des risques (Anderson et coll., 2001).

Asano et coll. (2002) et Tanaka et coll. (1998) ont quantifié les risques sanitaires relatifs à l'exposition aux entérovirus dans les eaux récupérées. Dans cette étude, où le point de repère acceptable pour le risque d'infection annuel était de 10^{-4}, on a calculé que la fiabilité était la probabilité que le risque d'infection n'excède pas le risque annuel acceptable. On a ensuite procédé à de telles évaluations au moyen de simulations numériques dans quatre cas différents de réutilisation pour quatre usines de traitement des eaux usées (en Californie), selon différents procédés de traitement. Un résumé des résultats est présenté dans le tableau 4.

Tableau 4. *Fiabilité des divers traitements et des applications de réutilisation en fonction d'un risque d'infection entérique de 10^{-4} par année (d'après Asano 2002 et Tanaka et coll., 1998).*

Procédé de traitement	Irrigation d'un terrain de golf	Fiabilité % Irrigation des champs de culture	Surface récréative	Réalimentation de la nappe d'eau souterraine
Traitement complet ou floculation directe sur filtre, dose de chlore de 10 mg/L élimination du virus 5,2 log	99 à 100	100	62 à 99	100
Chloration d'effluent secondaire, dose = 5 mg/L, élimination du virus = 3,9 log	84 à 100	100	10 à 93	100
Floculation directe sur filtre, dose de chlore = 5 mg/L, élimination du virus 4,7 log	97 à 100	100	39 à 97	100

Ainsi, les applications de réutilisation précédentes sont conformes aux règlements sur le traitement des eaux de surface de l'EPA aux États-Unis, soit une (1) infection dérivée d'agents pathogènes par tranche de 10 000 habitants par année pour l'irrigation agricole et la réalimentation de la nappe souterraine, quels que soient les procédés de traitement utilisés. On a cependant relevé des taux de fiabilité moins élevés dans le cas d'expositions diverses pour les surfaces d'eau récréatives où l'on peut pratiquer la natation ou encore où il est possible que l'eau entre en contact avec le corps.

TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES POUR LA RÉCUPÉRATION ET LA RÉUTILISATION.

Il existe un grand nombre de technologies de traitement pour la récupération et la réutilisation des eaux usées ou pour le recyclage des eaux industrielles. Les chapitres 3 à 8 de Asano (1998) proposent une description complète de ces technologies. Selon l'ensemble de la stratégie de réutilisation et le type de traitement utilisé, il est possible que l'on doive recourir à diverses méthodes. Selon l'emplacement de l'usine de traitement, deux situations sont possibles : un traitement décentralisé sur place ou un traitement à l'usine principale. Dans les usines centralisées perfectionnées, on peut utiliser différents types de traitements, soit secondaires ou tertiaires, dont le traitement dans des eaux usées dans des bassins de stabilisation, qui utilise une technologie relativement simple assortie de quelques modifications pour répondre aux exigences spéciales des projets de réutilisation. Un bref exposé suit.

La récupération et la réutilisation des eaux usées sur place.

On pratique la récupération et la réutilisation des eaux usées de manière décentralisée dans le cas de maisons seules ou de groupes

de maisons isolées, d'usines, d'établissements ou de services isolés. Dans de telles circonstances, les usages les plus fréquents de réutilisation sont l'irrigation agricole et paysagiste et la chasse d'eau de toilette. Le traitement le plus souvent utilisé est la fosse septique, qui traite en partie les eaux usées, combinée au champ d'épuration souterrain pour le traitement final de l'effluent de la fosse. La fosse septique étanche est l'une des plus récentes innovations dans ce domaine, car elle empêche l'infiltration d'eaux étrangères et facilite l'ajout d'appareils de traitement en aval, tel que les filtres d'effluents. Parmi ces unités de traitement, il y a les filtres intermittents à sable (adaptés à un taux d'écoulement plus lent) et les filtres de recirculation à milieu granuleux (adaptés aux taux d'écoulement plus rapides). Parmi les autres systèmes utilisés, on compte les systèmes de traitement biologique, ceux à membrane et les tranchées d'évacuation à faible profondeur. (Tchobanoglous et coll., 1998).

Au cours de l'atelier du CCME, plusieurs systèmes de traitement à petite échelle ont fait l'objet de discussions détaillées dont le biofiltre, le bioréacteur à membrane et le système de désinfection aux ultraviolets.

Des essais indépendants menés avec le biofiltre Waterloo® à écoulement lent nous indiquent des taux de traitement relativement élevés, comme pour le DBOMC et le TSS < 10 mg/L, ainsi que pour la moyenne d'élimination du E. coli de 99 %. Il est possible d'évacuer de façon sécuritaire ces effluents sous la surface. Dans plusieurs cas d'utilisations au Canada, l'effluent du biofiltre Waterloo subissait un traitement affiné et de désinfection à l'ozone et sa qualité atteignait presque celle de l'eau potable, sauf pour son taux de nitrate. En Ontario, des effluents traités à l'aide du biofiltre Waterloo® et ayant subi une désinfection aux UV servent à l'irrigation de cinq terrains de golf; d'autres effluents sont traités par ozonation et par chloration et servent à l'alimentation de la chasse d'eau des toilettes d'un relais routier. Même si la réutilisation domiciliaire individuelle est bien connue, on recommande l'usage de systèmes communautaires, étant donné leur plus grande facilité de gestion et de contrôle et parce qu'ils sont moins susceptibles de subir les répercussions négatives d'un nettoyage antiseptique et chimique fait de certains individus.

La technologie des membranes est bien adaptée à la réutilisation de l'eau car elle permet d'obtenir une eau traitée de très bonne qualité, d'éliminer de façon positive certains polluants (les bactéries y compris), des agents pathogènes non spécifiques. De plus, parce qu'elle est relativement fiable, il n'est pas nécessaire de la combiner à des produits chimiques. La filtration directe des eaux usées par membrane n'est pas pratique en raison de son taux élevé d'encrassement. C'est pourquoi il faut l'employer avec de bioréacteurs. Le bioréacteur convertit en effet les salissures, qui passent de leur forme soluble à celle d'une biomasse aisément filtrable. Ce procédé très stable, nécessite peu d'espace et produit un eau de qualité supérieure. Il est aussi possible d'ajouter la filtration par membrane tertiaire à un procédé conventionnel activé par la boue. Cela permet aussi de produire un effluent de qualité élevée se prêtant à une réutilisation sous plusieurs formes. Les systèmes à membrane utilisant la désinfection aux UV s'adaptent bien eux aussi à la réutilisation de l'eau sur place; cette technologie est d'ailleurs utilisée dans plus de 200 endroits au Canada et aux États-Unis.

Parmi les principaux avantages du procédé de désinfection aux ultraviolets, on note : l'absence de formation de sous-produits de désinfection; une grande efficacité pour éliminer les bactéries, les virus et les agents pathogènes protozoaires; que ce procédé n'est pas influencé par le pH ni par la température; qu'il le est d'entretien et d'utilisation faciles. Cette méthode présente également une solution économique à l'ozonation et ne laisse pas de résidus de désinfectant, ce qui permet une certaine souplesse dans le choix des résidus et dans l'élaboration d'une stratégie de désinfection multiple. Il a été démontré que le

cryptosporidium est relativement inaltérable à la désinfection au chlorure, mais très sensible à l'inactivation aux ultraviolets. Aussi, comme l'efficacité du traitement par chloration varie avec la température, il se peut, qu' à basse température l'on doive augmenter les quantités de chlorure et que cela ait pour effet d'augmenter le risque de formation de sous-produits à base de chlore. Cependant, mentionnons qu'il faut ajouter du chlore résiduel afin de prévenir la formation de microorganismes dans le réservoir d'entreposage et dans les systèmes de distribution. L'utilisation de désinfectants multiples peut ainsi améliorer le contrôle des éléments pathogènes, tout en réduisant le risque de formation de sous-produits de désinfection.

Avantages et inconvénients de quelques technologies de récupération sur place des eaux usées

Systèmes de traitement biologique

- production stable d'un effluent de qualité élevée ;
- technologie traditionnelle;
- grande capacité d'élimination des hydrocarbures et des composés organiques volatils (COV), bonne capacité d'élimination des métaux lourds;
- selon l'application, l'effluent peut devoir subir une désinfection et un affinage plus importants;
- fragile à l'utilisation excessive sur place d'agents de désinfection.

Membranes

- effluent de grande qualité en fonction d'installations nécessitant peu d'espace;
- élimination non spécifique des pathogènes;
- supporte les fluctuations de la concentration des matières en suspension;
- suivant l'application, les membranes peuvent servir de prétraitement pour l'osmose inverse, de bioréacteurs membranaires lorsqu'elles sont combinées à un traitement biologique ou encore de système de filtration tertiaire;
- sujettes à l'encrassement, doivent donc être contrôlées dans le cadre d'un prétraitement et de méthodes de nettoyage physique ou chimique.

Désinfection aux ultraviolets

- installations réduites par rapport aux méthodes de désinfections traditionnelles;
- permet d'éviter la formation de sous-produits, comparativement aux méthodes de désinfection traditionnelles (au chlore, par exemple)
- grande efficacité contre les contaminants biologiques et chimiques;
- sensible aux particules en suspension dont la dimension est supérieure à 10 microns;
- l'encrassement des eaux requiert l'usage de mécanismes de nettoyage.

Usines de récupération des eaux usées

Les procédés utilisés dans les usines de récupération peuvent être regroupés en technologies simples et technologies de pointe. Les systèmes traditionnels, habituellement des étangs de stabilisation des eaux usées, sont fréquemment utilisés dans les régions rurales, étant donné l'espace disponible. Parmi ses principaux avantages, notons sa simplicité (structures simples – un travail de terrassement est nécessaire pour aménager l'étang, et l'ajout d'une entrée et d'une sortie pour les eaux); son coût peu élevé d'exploitation (pas besoin d'énergie), son haut taux d'efficacité dans le cas de l'élimination des DBO > 90 %, bien qu'il ne permette qu'une faible élimination des TSS, TN (70 à 90 %) et TP (30 à 50 %). Les étangs de stabilisation sont efficaces pour l'élimination des agents pathogènes, ayant un taux d'efficacité de 5 log (99,999 %), et ces effluents sont d'une qualité qui permet leur utilisation sans restriction pour l'irrigation, conformément aux règlements fixés par l'Organisation mondiale de la santé (Asano 1998).

Il existe plusieurs autres procédés de traitement pour la récupération et la réutilisation des eaux usées, entre autres le traitement primaire, la boue activée, la

nitrification, la dénitrification, le filtre bactérien, le disque biologique, la coagulation/floculation /sédimentation, la filtration après A/S, l'adsorption au carbone, le strippage de l'ammoniaque, l'échange ionique sélectif, la chloration au point critique, l'osmose inverse, la chloration, l'ozonation et la désinfection aux ultraviolets. Afin de répondre aux critères de réutilisation de l'eau, le choix et la combinaison de ces procédés facilitent l'élimination d'éléments constitutifs spécifiques. En général, on connaît assez bien l'efficacité de ce procédé (Metcalf et Eddy, 1991). Entre autres facteurs, il faut aussi considérer l'efficacité d'une usine à produire de façon permanente de l'eau traitée récupérée de qualité acceptable et le fait d'avoir à traiter des affluents de composition variée qui influencent par le fait même la qualité de l'effluent. Un bon entretien suffit généralement à régler la première question; pour régler la seconde, il faudra peut-être mettre en oeuvre des étapes de rattrapage.

Pour la récupération des eaux usées, il est possible d'utiliser plusieurs combinaisons de procédés de traitement utilisant des techniques avancées, dont l'adoucissement à chaud, l'élimination des éléments nutritifs, la recarbonatation, la filtration, l'adsorption activée au carbone, la déminéralisation par osmose inverse et la désinfection aux ultraviolets, au chlore ou encore à l'ozone. Les effluents produits par de tels traitements peuvent être acheminés directement dans les aquifères d'eau potable (Metcalf et Eddy, 1991). En ce qui concerne l'élimination et le traitement des agents pathogènes et des produits chimiques, il n'existe pas d'écarts technologiques entre les méthodes utilisées, qu'elles soient simples ou avancées.

Alors que l'on maîtrise bien l'efficacité des procédés de traitement évolués pour les produits chimiques conventionnels et pour quelques agents polluants prioritaires, le défi à relever vient de l'existence de nouveaux produits chimiques tels que les perturbateurs endocriniens et les produits pharmaceutiques et thérapeutiques. C'est au cours des quelques dernières années que la recherche sur l'existence et les effets de ces produits chimiques a commencé; c'est pourquoi, on ne sait pas trop encore ce qui advient de ces produits dans les usines de traitement des eaux usées. Même s'il est possible de retenir ces produits chimiques hydrophobes à l'aide d'un traitement à la boue activée, plusieurs produits pharmaceutiques sont extrêmement solubles et peuvent demeurer présents après le traitement en usine. Pour le moment, les inquiétudes que soulèvent ces nouveaux produits chimiques représentent un défi de taille pour le traitement des eaux usées; aussi, l'intérêt du public à cet égard peut avoir des répercussions à la fois sur la réutilisation et la récupération des eaux usées et sur la façon d'éliminer les biosolides.

Tableau 5. *Procédé utilisé pour la récupération des eaux usées (selon Metcalf et Eddy, 1991)*

Procédé / Éléments constitutifs	Boue activée	Nitrification	Dénitrification	Filtre bactérien	Disque biologique	Coag/ floc/ sédiment	Filtration aprèsA/S	Adsorption au Carbone	Osmose inverse	Ozonation	Chloration	Désinfection aux UV
TSS	B	B	F	B	B	B	B	B	B			
TDS								B				
Turbidité	B	B	F	M		B	B	B	B			
Couleur	M	M		F		B	M	B	B	B		
DBO	B	B	F	B	B	B	M	B	B	F		
DCO	B	B	F	B		B	M	M	B	B		
COT	B	B	F	M		B	M	B	B	B		
Phosphore	M	B	B			B	B	B	B			
NH_3-N	B	B	F		B	F	M	M	B			
NO_3-N			B				M	F				
Cadmium	B	B		F	M	B	M	F				
Cuivre	B	B		B	B	B	F	M				
Fer	B	B		M	B	B	B	B				
Plomb	B	B		M	B	B	F	M				
Zinc	M	B		B	B	B		B				
Agents écumants	B	B		B		M		B		F		
Coliformes (total)	B	B		F		B		B		B	B	B

B = bonne élimination (> 50 %)
M = élimination moyenne (25-50 %)
F = faible élimination (25 %)

RECYCLAGE DES EAUX USÉES INDUSTRIELLES

Comme il en a été fait mention dans l'introduction, l'industrie canadienne utilise à elle seule environ 74 % du prélèvement d'eau (Statistique Canada, 2000). De ce total, environ 36 % fait l'objet d'un recyclage. En considérant la faible consommation par rapport à l'ampleur de l'utilisation par l'industrie, le recyclage de l'eau dans le secteur industriel revêt une très grande importance non seulement pour la préservation de nos ressources à d'autres fins, mais aussi afin de réduire les déversements d'effluents industriels et toute la pollution qui en découle. Tous les principaux avantages du recyclage de l'eau dans le secteur industriel sont connus et on le pratique lorsque cela est réalisable sur le plan économique. Le tableau 6 montre les statistiques sur le prélèvement d'eau total, le déversement, le taux de consommation et le taux de recyclage pour l'année 1996 (Scharf et coll., 2002). Dans le secteur manufacturier, le taux de recyclage varie d'un taux aussi faible que 22 % pour l'industrie de transformation du bois (il était de 9% en 1991) à un taux maximum de 292 % pour les produits de transformation du plastique (en baisse par rapport à 1991, alors qu'il était de 641 %).

Tableau 6. *Utilisation et recyclage des eaux industrielles (selon Scharf et coll., 2002).*

Secteur de l'industrie	Prélèvement total d'eau (millions de m^3/année)	Déversement (millions de m^3/année)	Taux de consommation (en % du prélèvement)	Taux de recyclage (en % du prélèvement)
Manufacturière	6 037,4	5 486,7	9	115
Extraction minière	518,2	671,9	-	231
Production d'énergie thermique	28 749,7	28 241,8	2	41

Le rôle que joue l'opinion publique est limité dans ce processus car les principaux facteurs qui s'y rattachent relèvent du pouvoir décisionnel interne des entreprises, sauf pour ce qui est des aspects liés à la préservation. En raison de l'importance de cet aspect, le recyclage de l'eau dans le secteur industriel a fait l'objet de discussions au cours de l'atelier et ce, pour les trois secteurs industriels canadiens les plus importants, à savoir : la récupération d'hydrocarbures, les pâtes et papiers et le finissage des métaux. Le résumé des discussions à ce sujet est exposé dans les paragraphes qui suivent.

Récupération des hydrocarbures

De grandes quantités d'eau (5,5 milliards de barils/année au Canada) sont produites au cours des opérations de récupération d'hydrocarbures conventionnels et d'huiles lourdes. Cette eau, généralement appelée « eau produite » dans l'industrie pétrolière, nécessite une gestion appropriée, afin de réduire au minimum les répercussions environnementales néfastes et pour soutenir le développement socioéconomique durable des régions productrices de pétrole. Le principal agent polluant de cette eau est l'huile, avec des concentrations variant de 50 et 5 000 mg/L. Parmi les autres polluants importants, on retrouve la silice, les solides en suspension (TSS) et les matières dissoutes (MDT), dont les concentrations peuvent atteindre jusqu'à 35 000 mg/L. Les solutions de gestion de l'eau produite dépendent de ces caractéristiques, des exigences réglementaires pour son

élimination finale et des considérations économiques liées à sa réutilisation comme la production de vapeur, l'irrigation et la récupération assistée des hydrocarbures par la technique d'injection d'eau. Parmi les nouvelles technologies de récupération, mentionnons l'élimination de l'huile et des TSS au moyen de la filtration sur milieu granulaire, l'hydrocyclone liquide-liquide et la filtration sur membrane; le désiliciage par adoucissement à chaud et l'alumine activée; l'élimination des MDT par vapocompression, l'électrodialyse, le dessalement par congélation et la distillation par membrane. Bien que de nombreuses technologies aient été proposées pour le traitement de la saumure des champs pétrolifère, afin de récupérer l'eau et les carbures résiduels, plusieurs d'entre elles n'ont pas été démontrées, n'ayant pas fait l'objet d'essais sur le terrain. On avance qu'au Canada, le prix de l'eau douce et les amendes imposées pour la production ou le rejet d'eaux usées est trop faible, et qu'ils ne reflètent pas les coûts réels que cela engendre pour la société. Par le fait même, ils n'existent pas d'incitatifs positifs motivant l'industrie à augmenter la récupération de l'eau à des fins de recyclage et de réutilisation.

Industrie des pâtes et papiers

L'industrie des pâtes et papiers est un autre grand producteur d'eaux usées, consommant en moyenne 50 m^3 d'eau de transformation par tonne de pâte produite. Comme solution de rechange au traitement des eaux usées de fin de cycle, un nombre croissant de papetières envisagent d'utiliser à nouveau en partie les eaux usées ayant servi d'eau d'alimentation dans certains procédés. Cette pratique permettrait à l'usine d'augmenter sa capacité sans toutefois devoir agrandir son système actuel de traitement des eaux usées, tout en améliorant l'efficacité du système existant de traitement des eaux usées, en réduisant les coûts liés à l'énergie, aux produits chimiques en en diminuant la consommation d'eau d'alimentation brute. Toutefois, la réutilisation des eaux usées de traitement peut entraîner l'accumulation d'éléments non traités dans toute l'usine et perturber son fonctionnement; elle peut également causer une accumulation de composés volatils et malodorants susceptibles de dégrader la qualité de l'air ou même de créer des conditions respiratoires dangereuses pour les employés. Pour faire face à ces problèmes, un certain nombre de technologies novatrices de « filtrage » ont été mises au point afin de purger ces éléments non traités des eaux de traitement. De nombreux exemples ont été présentés. Toutefois, l'industrie se montre peu disposée à adopter ces technologies, vu l'ampleur des investissements requis, l'instabilité constante des revenus générés par l'industrie, le manque de confiance qu'inspirent les nouvelles technologies et l'absence d'incitatifs financiers. On a le sentiment que de tels mesures encourageraient les propriétaires de papetières canadiennes à accepter à plus grande échelle ces nouvelles technologies, ce qui leurs permettraient d'accroître le recyclage des eaux usées.

L'industrie de finissage des métaux

Le secteur de l'industrie du finissage des métaux compte environ 1 400 installations au Canada. Même s'il s'agit généralement de petites installations, la consommation d'eau dans ce secteur peut varier de 50 à 5 000 L/min. Une récente évaluation révèle qu'un très faible pourcentage de cette industrie utilise des méthodes de recyclage de l'eau. Il serait possible d'intensifier le recyclage grâce à des méthodes novatrices, comme l'utilisation de technologies de récupération des ressources. Cette industrie est peu portée à accepter ces technologies en raison des répercussions qu'elles peuvent avoir sur la qualité du produit et les profits de l'entreprise, des restrictions qui peuvent en découler sur le plan de l'espace et des ressources de l'entreprise et de la méconnaissance des répercussions réelles sur les réserves d'eau à venir. Il importe de sensibiliser cette industrie aux avantages socioéconomiques liés à la conservation et au recyclage de l'eau dans ce secteur important de l'économie canadienne.

En résumé, ces trois derniers secteurs de l'industrie présentent à peu près le même tableau pour ce qui est du recyclage de l'eau. Les plus gros consommateurs sont conscients du potentiel de cette pratique, mais l'avenir de celle-ci est quelque peu compromis par une certaine inertie technologique, par un manque de disposition à investir de grosses sommes et par un manque d'incitatifs financiers et réglementaires. Des politiques permettant l'adoption de telles mesures auraient pour effet d'accroître le recyclage des eaux industrielles.

D'autres régions, l'Afrique du Sud et la Californie par exemple, recourent à divers moyens pour encourager le recyclage et la réutilisation de l'eau. La rareté de l'eau est l'une des raisons qui accroît l'importance d'employer des techniques de production plus saines dans les usines de l'Afrique du Sud. D'autres facteurs externes sont venus appuyer ces démarches, notamment l'adoption d'une loi nationale sur l'eau, qui place en priorité l'utilisation durable et la minimisation des pertes. Un nombre croissant d'entreprises internationales se plient aux critères établis en Europe, aux États-Unis et au Japon. L'usage de normes environnementales telles que les normes ISO 14001 est de plus en plus répandu. Certains organismes de réglementation locaux suppriment les limites sur la concentration des polluants, lorsqu'un programme visant à réduire les pertes existe déjà (Buckley et coll., 2000). Pour le projet de recyclage de l'eau de South Bay, en Californie, on a eu recours à des incitatifs financiers pour favoriser l'amélioration des installations et faciliter le branchement de clients industriels à un système d'approvisionnement en eaux urbaines récupérées (Rosenblum, 1999). Le coût de l'eau récupérée non potable permettait d'économiser de 20 à 50 % du coût de l'eau potable et un programme de subventions offrait aux clients jusqu'à 150 $US/m^3/jour pour aménager les installations nécessaires au branchement du système d'eau récupérée.

DISTRIBUTION ET STOCKAGE DES EAUX RÉCUPÉRÉES

Une fois traitée, l'eau récupérée est distribuée à chaque client. Les fluctuations de la demande et des questions de sécurité, durant les périodes où la qualité de l'eau ne répond pas aux normes établies, font en sorte qu'il est parfois nécessaire d'intégrer les réserves en eau (le stockage d'urgence) au système de réutilisation de l'eau. Pendant la période de stockage et au cours de son transport vers le réseau de distribution, l'eau, selon ses caractéristiques, subit d'autres changements dont il faut tenir compte dans la conception des réservoirs de stockage et du système de distribution.

Il n'est pas nécessaire d'apporter des modifications particulières pour la conception des réservoirs, que ceux-ci soient destinés au stockage d'eau potable ou d'eau récupérée. Tout en prenant en considération des facteurs comme la demande, les fluctuations du marché et la quantité d'eau récupérée produite, il faut pouvoir compter, lors d'une insuffisance dans la production, sur des réserves d'urgence qui permettent d'assurer la fiabilité de l'approvisionnement en eau récupérée. Il faut réévaluer régulièrement l'impact de ces facteurs selon les diverses périodes de l'année, puisqu'ils permettent d'établir s'il faut prévoir un stockage pour un usage quotidien ou saisonnier. En Alberta, par exemple, l'irrigation au moyen d'eaux usées est permise uniquement durant la période du 1er mai au 30 septembre; ainsi, il faut prévoir des réserves suffisantes pour la période de 7 mois qui reste dans l'année (ministère de l'Environnement de l'Alberta, 2000). Il faut également prévoir un stockage d'urgence au cas où la qualité de l'eau récupérée ne répondrait pas aux normes établies; ainsi, l'eau récupérée peut alors être acheminée vers les réserves d'urgence jusqu'à ce qu'elle réponde aux normes et qu'elle puisse être réutilisée. En pratique, l'eau réutilisée en Colombie-Britannique doit être conservée dans une unité de stockage d'urgence pour une période minimale de 20

jours lorsqu'elle est emmagasinée dans des systèmes non adaptés au stockage saisonnier. (ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1999). Afin d'améliorer la fiabilité de l'approvisionnement, il se peut que l'on doive intégrer des sources d'approvisionnement supplémentaires au système de réutilisation. De telles installations sont conçues de différentes façons et comportent notamment des réservoirs ouverts ou des bassins fermés. L'infrastructure nécessaire à la conception et à la réalisation de réservoirs est plus importante, en raison du fait que l'on devra prévoir le coût du terrain. L'eau stockée dans les réservoirs ouverts est plus susceptible de subir une dégradation de qualité en raison de la possibilité de formation de microbes; c'est pourquoi l'entretien au chlore est particulièrement important. (Holliman, 1998).

Les systèmes servant au transport de l'eau récupérée sont conçus de la même manière que ceux pour l'eau potable. La méthodologie utilisée pour leur conception est à la fine pointe et entièrement informatisée. En ce qui concerne les installations hydrauliques, le transport de l'eau de récupération n'exige aucune modification particulière. Cependant, il faut bien identifier la tuyauterie et les robinets de l'eau récupérée afin d'éviter un raccordement accidentel au système d'eau potable ou à un système d'alimentation qui nécessite une eau de meilleure qualité (y compris l'eau potable). Il est généralement possible d'éviter de telles erreurs en utilisant des tuyaux fabriqués avec des matériaux différents et en prenant bien soin d'identifier les tuyaux d'eau récupérée soit, par exemple, par l'utilisation de couleurs, de ruban ou d'emballage en polyéthylène. Un ton de mauve, le *Pantone 522*, sert de couleur de référence universelle dans le cas de l'eau de récupération et l'utilisation de matériaux peints de cette couleur (« tuyauterie mauve ») est obligatoire dans plusieurs endroits où l'usage de l'eau de récupération est réglementé. Toute sortie d'eau et tout endroit où l'on utilise de l'eau de récupération devraient être clairement identifiés à l'aide d'affiches et d'étiquettes. En vertu de la loi sur la gestion des déchets de la Colombie-Britannique, il incombe au fournisseur d'eau récupérée de prévoir des dispositifs de protection pour éviter les raccordements accidentels, que cela relève de la conception, de la construction, de l'entretien ou de l'inspection (ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, 2001). On a noté, durant l'atelier, que le code de plomberie canadien ne possède pas de réglementation spécialement adaptée pour ce qui est de l'eau de récupération.

PLANIFICATION ET RÉALISATION DE LA RÉCUPÉRATION ET DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

Les projets de réutilisation et de récupération des eaux usées sont généralement complexes et à usages multiples. Pour les réaliser, il faut faire appel à des méthodes de planification qui tiennent compte d'objectifs multiples; il faut également que tous les intervenants y prennent part. L'objectif principal est la rentabilité, et il possible d'y parvenir en optant pour la conception d'un système optimisant l'utilisation des ressources, plutôt qu'en essayant d'épargner du temps dans l'atteinte des objectifs du projet. Les facteurs non financiers (impondérables) doivent faire l'objet d'une description détaillée selon leur importance et leurs répercussions. L'analyse de la planification sert ensuite à déterminer la faisabilité d'un projet à l'aide des sept critères d'évaluation suivants (Mills et Asano, 1998) :

- Faisabilité technique;
- Faisabilité économique;
- Faisabilité financière;
- Faisabilité institutionnelle;
- Répercussions sur l'environnement;
- Répercussions sur le plan social et acceptation du public;
- Faisabilité de la mise en marché.

La mise au point d'un projet se fait en trois étapes : la conception, l'étude de faisabilité et la planification des installations.

Faisabilité technique

La faisabilité technique s'avère plus complexe pour les projets de réutilisation que pour les projets d'approvisionnement en eau potable. Parmi les principaux problèmes dont il faut tenir compte, il y a la qualité de l'eau, la protection de la santé publique, les différents systèmes de traitement des eaux usées, la conception et l'emplacement des systèmes de stockage et de distribution, les modifications apportées sur les lieux d'utilisation de l'eau (la séparation des plomberies d'eau potable et d'eau récupérée, par exemple) et le problème que soulève la coordination de l'offre et de la demande d'eau récupérée, notamment l'approvisionnement supplémentaire ou de réserve.

Faisabilité économique

La faisabilité économique est un facteur d'une importance capitale pour les projets de réutilisation d'eau. Plusieurs fausses conceptions prévalent en la matière, dont celle selon laquelle l'eau de récupération serait une nouvelle source bon marché d'approvisionnement en eau. Il est possible dans de rares cas que la proximité d'installations de récupération permette aux usagers industriels ou agricoles d'utiliser de l'eau sans devoir y faire subir des traitements supplémentaires, et ce, seulement lorsque les normes locales n'exigent pas de tels traitements (habituellement, un traitement secondaire). En Californie, le coût de l'eau récupérée (Asano, 2002) se situe aux environs de 0,50 $US/m^3 (sans tenir compte des coûts d'exploitation et d'entretien), ce coût peut s'avérer trop élevé pour l'irrigation agricole. En plus des coûts de traitement, il faut ajouter les coûts de stockage, de distribution et ceux relatifs aux installations d'approvisionnement supplémentaire et de réserve. De tels coûts peuvent cependant être acceptables pour la réutilisation dans les zones urbaines. Au Japon, l'expérience démontre que le prix de l'eau récupérée équivaut à celui de l'eau potable; il faut cependant tenir compte que la récupération procure des avantages supplémentaires qui sont souvent négligés dans les analyses conventionnelles, soit une pollution réduite des eaux réceptrices, une perturbation de l'environnement moins importante que provoque généralement l'augmentation des prélèvements de l'eau potable. De façon générale, les coûts liés à l'eau récupérée sont acceptables dans les régions où l'eau est rare, et dans le cas de nouveaux projets urbains régionaux. Il est possible de tirer d'importants avantages économiques des installations dont on optimise l'utilisation, par exemple une meilleure réponse à la demande au cours des pointes saisonnières, laquelle peut être plus coûteuse (capacités élevées et faible utilisation).

Waller a fait une étude comparative sur le recyclage sur place des eaux usées résidentielles et le service de traitement traditionnel des eaux usées; cette étude portait entre autres sur les coûts, les avantages et la rentabilité de plusieurs technologies novatrices. (Waller, 2000 et Waller et Salah, 1999).

Analyse financière

L'analyse financière permet de répondre aux questions relatives à la faisabilité financière d'un projet de réutilisation. Pour se faire, il faut donc traiter deux sujets : le premier est le financement pour la réalisation et la construction du projet; le second concerne les revenus que peut générer un tel projet. Le financement de la construction traite de l'origine des fonds de capital, des intérêts encourus pour l'emprunt et de la disponibilité des subventions. Pour ce qui des revenus que le projet peut générer, il faut connaître les taux courants de l'eau récupérée, qui devraient ressembler à ceux des installations existantes, avant même d'établir ceux du projet faisant l'objet d'une étude de faisabilité. Notons aussi, que les taux relatifs à l'eau récupérée s'établissent directement en fonction de ceux établis pour l'eau douce. Lorsque l'eau de récupération a pour effet de réduire la demande en eau potable, le prix de l'eau potable peut alors augmenter. En

revanche, la disponibilité de l'eau récupérée peut avoir une incidence négative sur la demande d'eau douce au cours des pointes de consommation, moment où cette eau se vend à fort prix. Aussi, il est possible que les deux sources de revenus doivent faire l'objet d'une certaine péréquation.

Faisabilité institutionnelle

Les projets de réutilisation de l'eau impliquent l'interaction de divers établissements et ont une incidence à plusieurs niveaux, de l'échelle locale à l'échelle nationale. Toutes ces institutions peuvent participer au projet ou leurs activités peuvent avoir un effet sur celui-ci. D'ordinaire, parmi les tâches attribuables à l'administration municipale, il y a la collecte et le traitement des eaux usées et la distribution de l'eau traitée récupérée. Les directives ou critères provinciaux devraient normalement régir la qualité des eaux, alors que l'administration fédérale devrait avoir à régir l'exploitation du projet étant donné les répercussions qu'il pourrait avoir sur le milieu récepteur. Les aspects spécifiques à la distribution des eaux récupérées (la plomberie, le marquage des tuyaux, etc.) seraient du ressort de la loi sur la plomberie prévue et établie à l'échelle nationale. D'autres changements pourraient survenir suivant l'intervention d'organismes privés souhaitant établir à leur tour des règles d'exploitation particulières à l'échelle locale. Finalement, les consommateurs d'eau récupérée travaillent parfois pour des établissements industriels ou commerciaux ayant leurs propres directives et règlements. En somme, il apparaît évident que l'on devra prendre en considération l'interaction de tous ces intervenants pour la réalisation de l'étude de faisabilité d'un tel projet.

L'Association canadienne des eaux potables et usées (1997) a mené une enquête sur les obstacles réglementaires à la réalisation de projets de réutilisation de l'eau sur place au Canada. Cette enquête, qui portait sur les règlements relatifs à l'environnement et à la santé, sur les codes du bâtiment et de la plomberie et sur les règlements municipaux, concluait qu'il n'existe pas d'obstacles réglementaires réels en ce qui a trait à la réutilisation de l'eau sur place au Canada. Selon le rapport, les principaux obstacles à la réalisation de tels projets résident en fait dans le manque d'encadrement réglementaire, notamment en ce qui concerne les codes de plomberie partout au pays.

Répercussions sur l'environnement

Les projets de réutilisation ont une incidence sur le débit des eaux, sur les eaux usées et sur les polluants qui s'y trouvent et ont par conséquent des effets sur l'environnement; c'est pourquoi il faut évaluer l'incidence de ces répercussions à l'étape de la planification des projets. Évaluées à l'échelle locale, ces répercussions peuvent s'avérer avantageuses ou néfastes. Parmi les avantages, mentionnons : la réduction des prélèvements d'eau; le fait de ne pas avoir à construire de nouvelles installations de traitement ou de transport de l'eau jusqu'au point de service; la réduction des déversements d'effluents d'usines de traitement d'eaux usées dans le milieu récepteur local. À titre d'exemples, les eaux usées de terrains de golf peuvent être récupérées et utilisées pour l'irrigation sur place, permettant l'usage bénéfique de l'azote et du phosphore des eaux usées à des fins de fertilisation du gazon, tout en évitant la possibilité d'une contamination des eaux souterraines par l'effluent rejeté. Parmi les répercussions néfastes, il pourrait y avoir : une dilution réduite là où l'effluent est détourné des eaux réceptrices; une augmentation des effluents créés par la nouvelle usine de recyclage; les répercussions possibles sur la qualité du sol irrigué au moyen de l'eau récupérée et le lessivage des produits chimiques du sol dans les eaux de surface et les nappes souterraines.

Répercussions sociales et acceptation du public

L'appui du public est un impératif majeur dans la plupart des projets de gestion de l'eau et il est d'autant plus important pour les projets de récupération et de réutilisation de l'eau. Ces questions sont particulièrement importantes au Canada, car la plupart des régions possèdent d'abondantes ressources en eau et que le public risque de remettre sérieusement en question le besoin de réutiliser l'eau. On s'entend sur le fait que personne ne peut garantir le succès des projets de récupération; il est donc essentiel d'établir une communication précise et proactive en plus de créer des programmes de sensibilisation du public et d'information. (Wegner-Gwidt, 1998). Pour marquer des points dans le domaine de la réutilisation de l'eau, il faut établir une bonne communication avec le public, en utilisant des programmes de sensibilisation proactifs et créatifs afin de bien informer les citoyens des services liés à l'eau. Il faut d'abord cibler l'auditoire, obtenir l'appui des leaders d'opinion, des médias et des experts en la matière. Il faut tout organiser à l'avance. Un comité de consultation de citoyens et une présentation détaillée serviront à établir un contact vital entre les instances gouvernementales et les citoyens. Ce comité aidera aussi à obtenir l'appui d'autres groupes d'intervenants. Au cours de ce processus, il faut éviter tout manque d'information. L'une des meilleures façons de convaincre le public des avantages que présente la réutilisation de l'eau est d'organiser des visites de projets réussis et d'organiser des présentations.

Les principaux buts de la mise en œuvre d'un processus de communication sont : (a) informer et sensibiliser le public; (b) intégrer leurs commentaires à la réalisation de l'étape finale; (c) prendre connaissance assez tôt des problèmes afin d'éviter les surprises; (d) identifier les opposants au projet et leurs objections. La meilleure façon de mettre en œuvre le processus de communication consiste à solliciter les suggestions et commentaires du public, à prévoir une série d'activités éducatives et informatives, à partager les responsabilités relatives à la prise de décision et de résolution de problèmes tout en se concentrant pour capter et maintenir l'appui de la communauté.

On doit appuyer ces activités au moyen d'un programme éducatif. Pour cela, il faut connaître le système pédagogique et avoir un programme éducatif de bonne qualité. N'oublions pas qu'il faut préparer son discours, être éloquent, former les enseignants, prendre part à des événements éducatifs et mettre au point des programmes de relations publiques, de concert avec les établissements d'enseignement. L'un des principaux ingrédients du succès réside dans la création d'un bon programme de relations avec les gens de la presse (Wegner-Gwidt, 1998).

Faisabilité de la mise en marché

L'identification des usagers potentiels et désireux d'utiliser de l'eau récupérée est une étape essentielle à la planification d'un projet de récupération. Pour savoir si un usager peut utiliser de l'eau récupérée, il faut évaluer deux critères : la qualité de l'effluent disponible et sa convenance pour l'usage que le client veut en faire. Aussi, une analyse de marché procure les données nécessaires pour énoncer les choix à faire relativement au projet, à savoir, entre autres, l'emplacement des installations et leurs capacités de traitement, les critères de réalisation et l'établissement d'une politique de fixation des prix de l'eau récupérée (Mills et Asano, 1998).

PRINCIPALES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS RETENUES AU COURS DE L'ATELIER

Au Canada, à l'heure actuelle, la réutilisation de l'eau se fait à petite échelle et varie régionalement selon la disponibilité des sources d'approvisionnement et selon la convenance des eaux réceptrices pour l'épuration et le transport des effluents. D'une manière générale, les provinces les plus

expérimentées dans le domaine sont l'Alberta et la Colombie-Britannique, ayant toutes deux établis un certain modèle de surveillance de la réglementation. Les municipalités de ces provinces réutilisent généralement les eaux traitées récupérées pour irriguer les parcs, les aménagements paysagers, les terrains de golf et les cultures non alimentaires. Ces provinces ont également une certaine expérience de l'irrigation des terrains de golf et des parcs au moyen d'eaux pluviales qui servent aussi à la préservation des terres humides. Quoique qu'il existe peu de statistiques sur le sujet, on sait que les usagers à l'échelle commerciale, industrielle et institutionnelle au Canada expérimentent de plus en plus le recyclage et la réutilisation de l'eau, mais que ces pratiques varient cependant selon les secteurs d'activité. Pour les établissements individuels, on n'a bien mené quelques expériences de traitement des eaux grises (ménagères), que l'on réutilise pour la chasse d'eau de toilette, pour l'irrigation et pour des utilisations à des fins autres que la consommation. Au cours de la dernière décennie, des rapports et des installations à l'échelle préindustrielle, principalement institués par la SCHL, ont permis de documenter l'application de ces mesures au Canada et au niveau international (par exemple, l'Association canadienne des eaux potables et usées, 1997; Stidwill et Dunn, 2000; Totten Sims Hubicki, 1997; Waller et Totten Sims Hubicki, 1998; Waller et Salah, 1999; Waller, 2000).

Tout bien considéré, le Canada montre cependant un intérêt grandissant pour la récupération et la réutilisation de l'eau et les principales raisons en sont les suivantes :

- La demande croît régulièrement, alors que les ressources en eau sont limitées et mises en péril par les changements climatiques;
- La possibilité de réaliser des économies pour l'expansion à venir de l'infrastructure d'approvisionnement en eau;
- La nécessité de réduire ou d'éliminer le rejet d'effluents dans des eaux réceptrices sensibles;
- La possibilité d'offrir à bon marché des services d'eau dans les endroits isolés ou dans des habitations seules.

Au cours de l'atelier de deux jours, un certain nombre de thèmes récurrents ont fait l'objet de discussions dans le domaine de la technologie, des politiques et des règlements, des besoins en recherche et de l'acceptation du public et du milieu politique. Dans chaque cas, on a relevé les principales observations des participants à l'atelier de façon à dresser la liste des domaines où il y aurait place à amélioration.

Technologies

Il existe une quantité grandissante de technologies novatrices de traitement pour la réutilisation des eaux usées, (les systèmes de traitement biologiques, les technologies à membrane, la désinfection aux ultraviolets, etc.). Plusieurs de ces technologies ont été mises au point au Canada et s'avèrent concurrentielles sur le plan international. L'exportation de ces systèmes dans d'autres régions du monde avantage l'économie canadienne et accroît la visibilité du Canada au niveau international. On oriente de plus en plus l'usage de ces technologies vers les usines de traitement décentralisées de petite échelle (dites satellites) qui servent principalement à des applications directes dans les secteurs municipal, industriel et agricole.

Besoins en matière de technologie

- Efforts continus pour la mise au point de technologies simples, abordables et universelles nécessitant peu d'entretien et permettant des applications à petite échelle (locales).
- Établissement de critères de rendement de la technologie pour obtenir les propriétés intrinsèques de l'eau (physiques, chimiques et biologiques [contenu et effets]) et protocoles, valables pour diverses applications, permettant de valider des techniques et procédés novateurs en regard de ces critères. Cela contribuerait à réduire le besoin de recourir

à l'ajout de politiques et de règlements à chaque fois qu'on découvre un nouveau procédé, une nouvelle technologie.
- Échange accru d'information sur les meilleures technologies disponibles.
- Réalisation d'essais pilotes, démonstration de la technologie et illustration, au moyen d'exemples pertinents sur le plan économique et environnemental, de la réutilisation et du recyclage de l'eau pour susciter l'intérêt du public et de la classe politique

Politique et règlements

Au Canada, contrairement à l'Australie et aux États-Unis, il n'existe pas de directives ou de documents de référence à l'échelle nationale en ce qui concerne la récupération et le recyclage de l'eau. À l'échelle des provinces, seules l'Alberta et la Colombie-Britannique disposent de règlements et des normes qui traitent spécifiquement du recyclage et de la réutilisation.

Besoins en matière de réglementation

- Le leadership du gouvernement fédéral est nécessaire à l'élaboration de directives nationales qui lieraient les usages proposés aux exigences relatives à la qualité de l'eau, en tenant compte des facteurs économiques, de la santé publique et de la préservation de l'environnement, ces derniers étant d'une extrême importance; au début, il faudrait peut-être agir avec une certaine souplesse lors de la mise en application des règlements sur la réutilisation et la récupération des eaux usées. Les directives en vigueur dans d'autres pays pourraient servir de référence.
- Des programmes nationaux et provinciaux de réutilisation de l'eau qui serviront à déterminer les normes de conception, à promouvoir la recherche sur l'information technologique et à sensibiliser le public aux risques pour la santé et aux avantages de la réutilisation.
- Des normes ou critères provinciaux régissant la qualité des eaux usées réutilisées.
- Des systèmes de gestion qui serviront à vérifier la faisabilité technique, financière et institutionnelle des projets et à évaluer leurs répercussions sur l'environnement et l'acceptation du public.
- Créations de politiques favorisant le plein coût des ressources en eau; le coût peu élevé de l'eau au Canada est un facteur dissuasif pour l'instauration de programmes de réutilisation et de recyclage de l'eau, et constitue un obstacle au progrès et à l'innovation technologique. Les manufacturiers canadiens considèrent les dépenses liées à l'eau comme étant minimales; c'est pourquoi ils utilisent cette ressource sans restriction pour résoudre ou prévenir un problème potentiel; des prix plus élevés pour l'eau permettraient d'en intérioriser les coûts dans la production de biens, encourageant ainsi la réutilisation et le recyclage.

Recherche

Malgré sa popularité croissante, la réutilisation de l'eau soulève encore des inquiétudes quant aux risques pour la santé publique. Jusqu'à récemment, de telles craintes résidaient dans la seule crainte d'une exposition aux entérovirus contenus dans les eaux récupérées. Plus récemment, les protozoaires ont retenu considérablement l'attention, notamment le Cryptosporidium, qui est insensible à l'inactivation au chlore mais qui est extrêmement sensible à la désinfection aux ultraviolets. Des études récentes de simulation ont permis d'évaluer la fiabilité (par exemple les risques pour la santé) de l'eau réutilisée dans divers usages. Il faut également évaluer les risques auxquels sont exposées les populations vivant en aval et qui utilisent la tranche d'eau supérieure comme eau de consommation.

De nombreux experts s'intéressent aux applications de réutilisation de l'eau, tout particulièrement en Australie, au Japon, dans quelques états américains du sud

(notamment la Californie et la Floride) et dans plusieurs régions du sud de l'Europe (en particulier le long de la côte méditerranéenne). L'association internationale de l'eau (International Water Association) dirige un groupe de spécialistes du domaine de la récupération, du recyclage et de la réutilisation de l'eau, qui fonctionne comme un réseau international de connaissances; ce groupe s'efforce de sensibiliser les gens et d'expliquer l'importance de la réutilisation grâce à des méthodes telles que les bulletins d'information, les publications et les conférences. L'organisme américain, la Water Environment Research Foundation (WERF), appuie également de nombreux projets de recherche portant sur la récupération et la réutilisation des eaux usées. On peut obtenir plus d'information sur les projets de recherche actuels en consultant le site Web du WERF à l'adresse suivante : http://www.werf.org/research/research.cfm.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a institué un certain nombre d'études de réutilisation des eaux usées résidentielles. Les résultats publiés étaient destinées : aux ingénieurs et à un auditoire de techniciens du domaine de l'analyse, de la conception et de l'exploitation des systèmes d'eaux de réutilisation (Totten Sims Hubicki Associates, 1997); au personnel œuvrant à la planification et à la gestion, afin que celui-ci soit informé de l'existence des technologies disponibles, des résultats d'expériences sur la récupération et la réutilisation résidentielles sur place des effluents (Waller et Totten Sims Hubicki, 1998); les particuliers intéressés aux exigences des protocoles de supervision et de contrôle pour les petits systèmes résidentiels de réutilisation de l'eau (Stidwill et Dunn, 2000). L'atelier, a permis d'identifié d'autres besoins en matière de recherche.

Besoins en matière de recherche

- Identification des nouvelles questions liées à la santé humaine que soulèvent la sûreté des eaux récupérées contenant des perturbateurs endocriniens, des produits chimiques pharmaceutiques, des produits chimiques organiques d'usage industriel, des sels et des métaux lourds. On ne comprend pas encore très bien les effets que peuvent avoir à long terme ces produits chimiques (retrouvés en très petite quantité) sur la santé et la recherche dans ce domaine en est encore à ses balbutiements. Ces problèmes ne sont pas uniquement liés au milieu aqueux, mais également aux déchets biosolides sur le sol, et ils auront pour effet de ralentir la progression de la réutilisation de l'eau.
- Modélisation environnementale, contrôle et évaluation des répercussions à long terme découlant de l'utilisation d'eaux récupérées; les répercussions de l'usage croissant prévu de l'eau de récupération sur la préservation des terres humides, l'augmentation des écoulements fluviaux et l'alimentation des nappes souterraines démontrent bien le besoin d'effectuer de la recherche dans ce domaine.
- Évaluation de l'effet des contaminants chimiques et microbiologiques dans les eaux récupérées et délimitation de paramètres de rechanges précis et rentables pour le contrôle de la qualité de l'eau.
- Évaluation de l'effet du stockage sur la qualité des eaux récupérées.
- Évaluation des répercussions sur les cultures et le sol qu'entraînent les pratiques d'irrigation au moyen d'eau récupérée (par exemple, les éléments nutritifs, la gestion des sels et des métaux lourds et la survie des agents pathogènes).
- Méthodes de gestion et d'appréciation des risques pour la conception des applications de réutilisation.
- Élaboration de stratégies bien définies pour l'utilisation de barrières multiples en vue d'augmenter le spectre des agents pathogènes et des contaminants contrôlés et de réduire la formation de sous-produits.
- Analyse économique appliquée; permet de mieux mesurer les avantages économiques des projets de réutilisation de l'eau, d'établir des comparaisons entre les coûts et le cycle de vie utile, d'effecteur des analyses de rentabilité pour évaluer

les possibilités et de faire valoir les avantages des projets de réutilisation de l'eau, en particulier dans les endroits où sa disponibilité est limitée.
- Collaboration accrue et communication améliorée entre les chercheurs dans le domaine de la réutilisation et du recyclage de l'eau.

Acceptation du public et du milieu politique

Les participants à l'atelier ont fait valoir que la perception du public est probablement le plus grand obstacle potentiel, plus particulièrement lorsque la population est exposée aux effluents traités. Bien que la documentation sur le sujet n'abonde pas au Canada, on peut tirer profit de l'expérience des États-Unis dans le domaine, puisqu'on y fait davantage de recherches, d'autant plus que les municipalités y mènent leur propres études et mettent au point des programmes de consultation publique plus approfondis. Les résultats de recherche démontrent que les résidents s'opposent principalement à la réutilisation de l'eau lorsque vient le temps de la boire, de s'y baigner ou d'y nager, mais qu'ils s'y opposent moins lorsqu'elle sert à l'irrigation ou à des applications où le contact est limité (la chasse d'eau de toilette, par exemple). Cependant, malgré une perception du public plutôt hostile en ce qui concerne la réutilisation de l'eau, les délégués ont souligné qu'il existe au Canada plusieurs municipalités qui consomment depuis des années de l'eau provenant de sources situées à l'extrémité réceptrice d'eaux usées préalablement traitées. D'autre part, l'expérience de Walkerton nous prouve que le public s'attend à ce que l'on protège dorénavant sa santé, ce qui suppose l'adoption d'une réglementation gouvernementale en la matière, laquelle devra être rigoureusement observée. Il faut faire preuve de prudence tout au long de ce processus.

Besoins en matière de sensibilisation
- Inciter les groupes environnementaux à participer, le plus tôt possible, au dialogue sur la récupération et le recyclage de l'eau.
- Encourager les consultations publiques lors de mise en œuvre des programmes de réutilisation, surtout à la lumière des nouvelles questions liées à la santé humaine que posent les produits pharmaceutiques et les perturbateurs endocriniens.
- Mettre en valeur les réalisations, tout en continuant à sensibiliser et à informer le public.

Il faut aborder solidairement la question de la récupération et de la réutilisation des eaux usées, comme s'il s'agissait d'une facette de la gestion environnementale servant à gérer les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques. Comme il s'agit d'une source d'approvisionnement en eau, il faut aborder la réutilisation de l'eau parallèlement à d'autres sujets tels que : la gestion de la demande; la préservation de l'eau en agriculture, dans l'industrie et dans les secteurs privés et publics; la création de technologies et de procédés efficaces en matière d'eau; la croissance du recyclage dans le secteur industriel. La protection des écosystèmes aquatiques peut de la même façon contribuer à la réutilisation de l'eau et au recyclage industriel, lesquels sont des solutions à envisager sérieusement pour diminuer le déversement de polluants dans les milieux récepteurs. Alors qu'on fonde toujours la décision de réutiliser ou non de l'eau sur l'analyse des coûts en fonction des avantages, il se pourrait bien que ces décisions soient prises à l'avenir en fonction d'une gestion durable des approvisionnements en eaux.

Entretenir le dialogue

Les délégués ont beaucoup insisté sur la nécessité d'entretenir et d'améliorer la communication entre les chercheurs et les gestionnaires des programmes et des politiques concernant le sujet très actuel de la

réutilisation et du recyclage de l'eau. Le CCME évalue actuellement les possibilités que le dialogue entrepris au cours de l'atelier se poursuive et ne cesse de progresser. Certaines idées et suggestions émises par les participants à l'atelier suivent dans les prochaines lignes.

Comité permanent ou groupe de travail national sur la réutilisation de l'eau – créer un comité ou un groupe de travail composé d'experts issus des universités, de l'industrie et du gouvernement (par exemple, des domaines de la technologie du traitement de l'eau, de la santé publique, de la plomberie, de l'irrigation et d'autres secteurs) pour mettre sur pied une infrastructure canadienne de réutilisation et de recyclage, identifier les possibilités d'application à court terme et à long terme, préciser les besoins en matière de recherche, faciliter la poursuite du dialogue, contribuer à la création d'un guide national et favoriser l'innovation technologique. La plupart des questions concernant la réutilisation de l'eau sont régies par les gouvernements provinciaux et il faudra s'y référer de cette façon. Cependant, le CCME et le gouvernement fédéral ont l'occasion de favoriser ce processus en encourageant et en appuyant la recherche sur les appareils à faible constante de temps pour la détection de microorganismes et sur les risques pour la santé liés à la réutilisation de l'eau. De plus, ce faisant, ils contribueront à la création de politiques de référence pour la réutilisation de l'eau à partir de l'expérience canadienne et de celle, plus grande, d'autres pays, ainsi qu'à l'établissement d'un forum pour l'échange d'information.

Favoriser le recyclage de l'eau dans l'industrie – Compte tenu que les pourcentages du prélèvement d'eau total dans les secteurs agricole, industriel et privé/public sont respectivement de 9 %, 83 % et 8 %, il est clair que les plus grands avantages, avec le moins d'effets possibles sur la santé, seraient obtenus en favorisant le recyclage, la récupération et la réutilisation des eaux usées à des fins industrielles. La meilleure façon d'atteindre ces objectifs serait de recourir à des politiques stimulantes (pour ce qui est des effluents industriels) et à un système de mesures incitatives sur le plan économique.

Ateliers de suivi – il serait souhaitable d'organiser périodiquement des ateliers de suivi, ou encore de tenir des séances spécialisées dans le cadre de conférences déterminées (par exemple lors des rencontres biannuelles de l'Association canadienne des eaux potables et usées) à l'intention des scientifiques et des responsables des politiques. Il serait possible d'organiser d'autres rencontres, comme des séances d'ateliers conjoints entre le Réseau canadien de l'eau et le réseau canadien de technologie (CRESTech), les deux organisations ayant de nombreux mandats politiques publics et institutionnels, dans leurs secteurs respectifs.

Réseautage électronique – divers médias électroniques, par exemple des sites Web spécialisés réorganisés, des babillards électroniques, des groupes de discussion dirigés et des listes d'envoi électronique sur abonnement traitant de sujets particuliers permettraient d'assurer une circulation continue de l'information. Bien que ces types de réseaux électroniques nécessitent l'apport constant de ressources pour leur bon fonctionnement et qu'ils aient connu un succès mitigé dans le passé, ils peuvent s'avérer efficaces pour le maintien de l'intérêt entre les ateliers.

Enfin, on réunit des chercheurs et des responsables des politiques pour prendre de meilleures décisions politiques d'ordre public; c'est ici que prend toute son importance le CCME. La communication de connaissances scientifiques de pointe aux décideurs est primordiale, puisqu'elle démontre la nécessité de créer des programmes et des politiques pour encadrer le recyclage et la réutilisation de l'eau au Canada. Le dialogue tenu à cet atelier, exprimé dans le présent compte rendu, devrait servir de point de départ pour une réforme du processus décisionnel.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson, J., A. Adin, J. Crook, C. Davis, R. Hultquist, B. Jimenez-Cisneros, W. Kennedy, B. Sheikh et B. van der Merwe, 2001. Climbing the ladder: A step-by-step approach to international guidelines for water recycling. *Water Science and Technology*, **43** (10), p. 1 à 8.

Asano, T., 2002. Water from (waste) water - the dependable water resource. *Water Science and Technology* **45** (8), p. 23 à 33.

Asano, T. (dir. rédact.), 1998. *Wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis.

Asano, T. et A.D. Levine, 1998. Wastewater reclamation, recycling and reuse: an introduction. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.), 1998. *Wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 1 à 56.

Association canadienne des eaux potables et usées, 1997. *Obstacles posés par la réglementation à la réutilisation de l'eau locale*. Préparé par l'Association canadienne des eaux potables et usées pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Buckley, C.A., C.J. Brouckaert et G.E. Rencken, 2000. Waste water reuse, the South African experience. *Water Science and Technology*, **41** (10-11), p. 157 à 163.

Crook, J., 1998. Water reclamation and reuse criteria. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.), 1998. *Wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 627 à 703.

Crook, J., J.A. MacDonald et R.R. Trussell, 1999. Potable use of reclaimed water. *Journal of the American Water Works Association*. **91** (8), p. 40 à 49.

Environnement Canada, 2001. *Indicateurs de l'eau en milieu urbain: consommation d'eau et traitement des eaux usées par les municipalités*. Bulletin EDE, n° 2001-1.

Environment Protection Agency and Public and Environmental Health Service, Australie-Méridionale, 1999. *South Australian Reclaimed Water Guidelines (Treated Effluent)*. Adelaide, Australie-Méridionale.

Holliman, T.R., 1998. Reclaimed water distribution and storage. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.) (1998). *Wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 383 à 436.

Jorgenson, S.E. et B. Halling-Sorensen, 2000. Drugs in the environment (éditorial). *Chemosphere*. 40, p. 691 à 699.

Lawrence, I., B.J. Ellis, J. Marsalek, et B. Urbonas, 1999. Total urban water cycle based management. Tiré de : I.B. Jolliffe et J. E. Ball (dir. réd.), *Urban Storm Drainage*, compte rendu de la 8e conférence internationale, Sydney, Australie, 30 août au 3 septembre 1999, p. 1142 à 1149.

Lazarova, V., B. Levine, J. Sack, G. Cirelli, P. Jeffrey, H. Muntau, M. Salgot et F. Brissaud, 2001. Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Science and Technology*, **43** (10), p. 25 à 33.

Metcalf and Eddy, Inc., 1991. *Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse*. McGraw Hill Inc., 3e édition, New York, États-Unis.

Mills, R.A. et T. Asano, 1998. Planning and analysis of water reuse projects. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.), 1998. *Wastewater reclamation and reuse*. CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 57 à 111.

Ministère de l'Environnement de l'Alberta, avril 2000. *Guidelines for municipal wastewater irrigation*. Edmonton (Alberta).

Ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, 1999. *Règlement 129/99. Waste Management Act Municipal Sewage Regulation.* Victoria (Colombie-Britannique).

Ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, mai 2001. *Code of practice for the use of reclaimed water – A companion document to the Municipal Sewage Regulation.* Victoria (Colombie-Britannique)

National Research Council, 1998. *Issues in Potable Reuse: The viability of augmenting drinking water supplies with reclaimed water.* National Academy Press, Washington.

New South Wales Recycled Water Coordination Committee, 1993. *NSW Guidelines for urban and residential use of reclaimed water.* Nouvelle-Galles du Sud, Australie.

Ogoshi, M., Y. Suzuki et T. Asano, 2001. Water reuse in Japan. *Water Science and Technology*, **43** (10), p. 17 à 23.

Organisation mondiale de la Santé, 1989. *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations à visées sanitaires.* Technical Report Series 778, Organisation mondiale de la Santé, Genève.

Rosenblum, E., 1999. Selection and implementation of nonpotable water recycling in "Silicon Valley" (San Jose area) California. *Water Science and Technology*, **40** (4-5), p. 51 à 57.

Scharf, D., D.W. Burke, M. Villeneuve et L. Leigh, 2002. *Industrial water use, 1996.* Direction de l'économie environnementale, Environnement Canada, Ottawa.

Sedlak, D.L., Gray, J.L. et K.E. Pinkerton, 2000. Understanding microcontaminants in recycled water. *Environ. Sci. Technol. News*, édition du 1er décembre, 509A-15A.

Servos, M., P. Delorme, G. Fox, R. Sutcliffe et M. Wade, 2001. A Canadian perspective on endocrine disrupting substances in the environment. *Water Quality Research Journal of Canada*, 36, p. 331 à 346.

Servos, M., D.T. Bennie, M.E. Starodub et J.C. Orr, 2002. *Pharmaceuticals and personal care products in the environment: a summary of published literature.* INRE N° 02-309, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario).

Statistique Canada, 2000. *L'activité humaine et l'environnement 2000.* Statistique Canada, Ottawa.

Stidwill, J. et R. Dunn (2000) *Water quality guideline and water monitoring tools for residential water reuse systems.* Préparé pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario).

Tanaka, H., T. Asano, E.D. Schroeder, et G. Tchobanoglous, 1998. Estimating the safety of wastewater reclamation and reuse using enteric virus monitoring data. *Water Environment Research* **70** (1), p. 39 à 51.

Tchobanoglous, G., R.W. Crites et S.C. Reed, 1998. Wastewater reclamation and reuse in small and decentralized wastewater management systems. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.) (1998). *Wastewater reclamation and reuse.* CRC Press, vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 113 à 140.

Ternes, T.A., Stumpf, Mueller, J., Haberer, K., Wilken, R.-D. et M. Servos, 1999. Behaviour and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants – 1. Investigations in Germany, Canada and Brazil. *Sci. Total Environ.* 225, p. 81 à 90.

Totten Sims Hubicki , 1997. *Guide de demande pour les systèmes de réutilisation de l'eau.* Préparé pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario)

United States Environmental Protection Agency, 1992. *Guidelines for water reuse*, EPA625/R-92/004, Washington, D.C.

Waller, D.H. et Totten Sims Hubicki , 1998. *Innovative residential water and wastewater management: wastewater recycling and reuse, rainwater cistern systems, and water conservation.* Préparé pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement par le Centre for Water Resources Studies de l'université Dalhousie, en collaboration avec Totten Sims Hubicki.

Waller, D.H. et M.N. Salah, 1999. *Case studies of potential applications of innovative residential water and wastewater technologies.* Préparé pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa

Waller, D.H., 2000. *Economic Feasibility Study of Wastewater Recycling and Technologies.* Préparé pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, à Ottawa, par le Centre for Water Resources Studies de l'université Dalhousie, en collaboration avec Hill Murray and Associates et Blue Heron Environmental Technology.

Wegner-Gwidt, J., 1998. Public support and education for water reuse. Tiré de : Asano, T. (dir. rédact.), 1998. *Wastewater reclamation and reuse.* CRC Press, Vol. 10. Boca Raton, États-Unis, p. 1417 à 1462.

ANNEXE 1 – PROGRAMME DE L'ATELIER

Sciences de l'eau et politiques :
réutilisation et recyclage de l'eau

Atelier organisé par le CCME, les 30 et 31 mai 2002
Salle Alberta, Sheraton Cavalier Hotel, Calgary, (Alberta)

Jour 1 – Jeudi 30 mai

11:00 – 11:30 ***Mot de bienvenue et présentations***
Ken Dominie, coprésident, Comité de coordination de l'eau, CCME; sous-ministre adjoint, ministère de l'Environnement de Terre-Neuve-et-Labrador
Jiri Marsalek et Bijan Aidun, coprésidents de l'atelier
Institut national de recherche sur les eaux, Burlington (Ontario)
Ministère de l'Environnement de l'Alberta, Edmonton (Alberta)

Introduction

11:30-11:50 Recyclage et réutilisation des eaux usées au Canada : possibilités, exemples et problèmes *Don Waller, université Dalhousie, Halifax (Nouvelle-Écosse*

11:50-12:10 Pressions, incitatifs, initiatives et obstacles à la réutilisation et au recyclage de l'eau
Duncan Ellison, Association canadienne des eaux potables et usées, Ottawa (Ontario)

12:10-12:30 Mise à jour sur les pratiques de l'EPA en réutilisation de l'eau
Robert Bastian, EPA, Washington, DC, États-Unis

12:30-13:00 Discussion

13:00-14:00 Dîner

Technologie de réutilisation et de recyclage

14:00-14:20 Rôle des membranes dans la réutilisation de l'eau
Pierre Côté, Zenon, Oakville, (Ontario)

14:20-14:40 Réutilisation des effluents traités au Canada et ailleurs pour l'irrigation et les toilettes
Craig Jowett, Waterloo Biofilter, Rockwood (Ontario)

14:40-15:00 Technologies UV pour la réutilisation et le recyclage de l'eau
Bill Cairns, Trojan Technologies, London, (Ontario)

15:00-15:30 Discussion

15:30-16:00 Pause-café

Réutilisation des eaux municipales

16:00-16:20 Planification et analyse des systèmes de traitement de l'eau en vue de sa réutilisation
John Stidwill, Totten Sims Hubicki, Ottawa, (Ontario)

16:20-16:40 Directives relatives à la qualité de l'eau pour les systèmes de réutilisation de l'eau
Robert Dunn, Ottawa, (Ontario)

16:40-17:00 Réutilisation des eaux pluviales et usées à Calgary
Wolf Keller, Ville de Calgary, Calgary, (Alberta)

17:00-17:30 Discussion

Jour 2 – Vendredi 31 mai 2002

07:30-08:30 Déjeuner

Recyclage industriel

08:30-08:55 Traitement et réutilisation de l'eau produite par les activités de récupération des hydrocarbures
Abbas Zaidi, Centre canadien des technologies non polluantes, Hamilton, (Ontario)

08:55-09:20 Utilisation et réutilisation de l'eau dans l'industrie du finissage des métaux
Derek Vachon, Canadian Finishing Systems, Burlington, (Ontario)

09:20-09:45 Réutilisation et recyclage des eaux usées de procédé dans l'industrie des pâtes et papiers
Pierre Bérubé, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, (Colombie Britannique)

09:45-10:00 Discussion

10:00-10:30 Pause-Café

Perspective internationale

10:30-11:00 Avantages de la conservation et la réutilisation de l'eau pour l'environnement
John Anderson, International Water Association/Sydney, Australia

11:00-11:30 Programme de recherche sur la réutilisation de l'eau non potable de la Water Environment Research Foundation (WERF)
Linda Blankenship, Water Environment Research Foundation, Alexandria, (Virginie), États-Unis

Politiques

11:30-12:00 Programme de la réutilisation de l'eau en Floride : établissements de lien entre les divers programmes, politiques et règlements sur l'eau
Lauren Walker-Coleman, État de Floride, Tallahassee, (Floride) États-Unis

12:00-13:00 Dîner

13:00-13:30 Réutilisation de l'eau – démarche complète pour définir une vision de la gérance de l'eau en Colombie-Britannique

Chris Jenkins, ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria (Colombie-Britannique)

13:30-14:00 Relever les défis posés par la réutilisation sécuritaire des eaux usées municipales pour l'irrigation en Alberta

Jock Forster, ministère de l' Environnement de l'Alberta, Red Deer, (Alberta)

14:00-14:30 Obstacles au recyclage des eaux grises

Sandra Baynes, Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario)

14:30-15:00 Discussion

15:00-15:30 ***Conclusion***

ANNEXE 2 – LISTE DES PARTICIPANTS

Sciences de l'eau et politiques : réutilisation et recyclage de l'eau
Atelier organisé par le CCME, les 30 et 31 mai 2002

Salle Alberta, Sheraton Cavalier Hotel, Calgary, (Alberta)
LISTE DES PARTICIPANTS

* conférenciers

Chris Jenkins *
Ministère des Eaux, des Terres et de la Protection de l'air de la Colombie-Britannique

Bijan Aidun
Jock Forster *
Murray Tenove
Karu Chinniah
Ralph Schroth
Asoke Weerasinghe
Ministère de l'Environnement de l'Alberta

Thon Phommavong
Ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources de la Saskatchewan

Paul Vanderlaan
Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Bruswick

Lorrie A. Roberts
Ministère de l'Environnement et du Travail de la Nouvelle-Écosse

Ken Dominie *
Ministère de l'Environnement de Terre-neuve et du Labrador

Doug Sitland
Gouvernement du Nunavut

Jiri Marsalek
John Lawrence
Alex Bielak
Karl Schaefer
Quintin Rochfort
Institut national de recherche sur les eaux, Ministère de l'Environnement du Canada

Liz Lefrançois
Danielle Rodrigue
John Cooper
Direction des enjeux hydriques nationaux, Environnement Canada

Michel Béland
Centre technique des eaux usées Environnement Canada

Zita Botelho
Daniel Millar
Régions du Pacifique et du Yukon, Environnement Canada

Sandra Blenkinsopp
Région des Prairies et du Nord Environnement Canada

David G. Green
Teresa Brooks
Santé Canada

Paul Milburn
John Lebedin
Agriculture et Agroalimentare Canada (AAC)

Sandra Baynes *
Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)

Wolf Keller *
Terry Prince
Administration municipale

Duncan Ellison *
Association canadienne des eaux potables et usées

S. Abbas Zaidi *
CCTI

Derek Vachon *
Canadian Finishing Systems Ltée.

John Stidwill *
Totten Sims Hubicki

Robert Dunn *
Dunn Environmental Services !nc.

E. Craig Jowett *
Waterloo Biofilter Systems Inc.

Bill Cairns *
Trojan Technologies

Pierre Côté *
ZENON Environmental Inc.

Craig Heath
Graecam Incorporated

George McGeachie
Associated Engineering Alberta Ltd.

Dan Pippard
Newalta Corporation

Pierre Bérubé *
Université de Colombie-Britannique

Don H. Waller *
Université de Dalhousie

Daniel W. Smith
University de l'Alberta

John Anderson *
Australia Department of Public Works & Services

Robert K. Bastian *
Agence américaine de la protection de l'environnement (EPA)

Linda L. Blankenship *
Water Environment Research Foundation (WERF)

Lauren Walker-Coleman *
Ministère de la Protection de l'environnement de la Floride